Farbtonmessungen zur Bestimmung des Aschengehaltes und der Aschenbildner von Steinkohlen des Pochhammer Flözes

---

Von der Technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte Dissertation

Vorgelegt von

Walther Einsporn

aus Jauer.

Referent: o. Prof. Dr. Ing. Groß

Korreferent: o. Prof. Dr. phil. Bederke

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juli 1932.

Mit Unterstützung durch Apparaturen der Helmholtz-Gesellschaft

Breslau 1932

Druck der Breslauer Genossenschafts-Buchdruckerei e. G. m. b H.

R 2247

Die Arbeit wurde an der T. H. Breslau ausgeführt in der Zeit von Oktober 1930 bis März 1932 im Aufbereitungslaboratorium, dessen Direktor, Herrn Prof. Dr.-Ing. Groß, ich für die Anregung zu derselben, sowie für die jederzeit freundliche Anteilnahme meinen herzlichsten Dank sage. Herrn Oberbergwerksdirektor Dr.-Ing. Lange, Beuthen O/S., bin ich für das Entgegenkommen bei der Probenahme zu Dank verpflichtet.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gliederung.

A. Einleitung.
Farbtonmessung und Möglichkeit ihrer Anwendung in der Kohlenaufbereitung.

B. Farbtonmessung an Steinkohlen zur Bestimmung des Aschenanteils.

I. Vorbereitung der Proben.

1. Probeentnahme in der Grube:
2. a) Beziehungen zwischen spez. Gewicht, Aschenanteil und Korngröße bei S. + S.-Analysen.
   b) S. + S.-Analysen von Pochhammerkohlen (5 — 0,43 mm).
   c) S. + S.-Analysen von Feinkorn (— 0,43 mm) in Zentrifugen.
   d) Kritische Betrachtungen über den Verwendungsbereich und Wirkungsgrad von Kegelzentrifugen.
3. Bestimmung des Aschenanteils nach der Verbrennungsmethode.

II. Farbtonmessung.

1. a) Die Ostwaldsche Farbenlehre unter Berücksichtigung des Systems Kohle — Aschenbildner.
   b) Stufenphotometer nach Pulfrich.
   c) Zwischenschaltung von Graustufen beim Vergleich von Systemen sehr hoher Potentialdifferenz (Kohle — Barytweiß).
2. Beziehungen zwischen Dispersitätsgrad, Kornform und Vollfarbe.
3. Träger des Schwarz- und Weißgehaltes.
4. Der Rückwurfswert und seine Abhängigkeit von der Konstitution der Meßprobenoberfläche.
5. Methode der graphischen Darstellung.
6. Kohlungsprozeß und Vollfarbe.
7. Farbgehalt in dem System Kohle — Aschenbildner.

III. Schwarz-, Weiß- und Farbgehalt der Pochhammerkohlen.

1. Weißgehalt.
2. Schwarzgehalt.
3. Farbgehalt.
4. Vergleichende Betrachtungen über die Vollfarbe von Proben aus Grobkorn- und Feinkornanalysen.

IV. Versuch einer stofflichen Trennung karbonischer Mineralbestandteile durch die S. + S.-Analyse.

V. Messung der Eigenvollfarbe der Mineralelemente und deren Einfluß auf den Kurvenverlauf.

Ergebnisse der Farbtonmessung an Steinkohlen und Zusammenfassung.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552721_0122

A.

Die Messung des Schwarz- und Weißgehaltes grauer und bunter Farbstoffe und Färbungen mit Hilfe der Ostwaldschen Grauleiter (23) und des Pulfrichschen Stufenphotometers (24) hat in den Kreisen der einschlägigen Industrie eine ausgedehnte Nutzanwendung gefunden.

In der Aufbereitungstechnik spielen dagegen Untersuchungen vom Standpunkt der optisch-physikalischen Eigenschaften eines Stoffes gegenüber anderen, wie spezifisches Gewicht, Härte, magnetische Suszeptibilität usw. eine geringere Rolle. Abgesehen von der Mikroskopierkunde, beschränkt sich im wesentlichen die Verwendung der optischen Eigenschaften in der Aufbereitung auf den Klaubprozeß und die Herdverwaschung. Bei beiden Prozessen liegt aber die Fehlergrenze, sobald die Unterschiede in den optischen Eigenschaften der Stoffe geringer werden, sehr hoch und ist im wesentlichen abhängig von der Erfahrung und der persönlichen Eignung des Betreffenden.

In der Steinkohlenaufbereitung fällt demnach die quantitative Bestimmung des Aschenanteils immer noch in das Arbeitsgebiet der chemischen Analyse. Die für die Veraschung verwendeten Apparate sind derart durchkonstruiert, daß zunächst eine weitere Zeitersparnis in der Analysendauer nicht erzielbar erscheint. Soweit bekannt, haben Verfahren auf physikalischer Grundlage (Freiberger Waage 32) eine allgemeine Verwendung in der Praxis nicht gefunden. Immerhin ist aber zu berücksichtigen, daß auch mit Hilfe der chemischen Analyse die Aschenbildner quantitativ nicht zu erfassen sind. R. Lessing (18) sagt darüber: „In erster Linie mag es angezeigt erscheinen, den Unterschied zwischen Asche und Mineralsubstanz eindringlich zu betonen. Wir sind gewöhnt, von Kohlenasche zu sprechen, selbst wenn es sich um Konstitutionsfragen handelt, und es ist bei der Kohlenuntersuchung allgemein gebräuchlich, die nach Abzug des Veraschungsrückstandes verbleibende Differenz als Reinkohle zu betrachten. Ich habe seit langem darauf hingewiesen, daß diese Behandlungsweise grobe Fehler mit sich bringt, da die ursprünglich in der Kohle enthaltenen anorganischen Substanzen sich in Form und Zusammensetzung von den im Veraschungsrückstand verbleibenden Verbindungen gründlich unterterscheiden."

Es gilt also eine Methode zu entwickeln, die neben einer größeren Zeitersparnis eine genauere zahlenmäßige Bestimmung der Aschenbildner gewährleistet. Den von Lessing gemachten Feststellungen folgend, ergibt sich als Voraussetzung, daß die zu untersuchenden Stoffe, abgesehen vom Dispersitätsgrad, sowohl keiner physikalischen als auch chemischen Zustandsänderung unterworfen werden.

Dem Chemiker Miller (21) von der Brennstoffabteilung der Colorado Fuel and Iron Company gebührt das Verdienst, eine optische Vergleichsmethode bei der Untersuchung der Zündfähigkeit von Streckenstaub verwendet zu haben. Arbeiten über das gleiche Gebiet folgten von Oberbergrat Witte-Breslau (31).

In der quantitativen Analyse von Metallen ohne Zerstörung der Probe weist neuerdings Glasunow (5) einen Weg, mit Hilfe einer Oberflächenelektrolyse Farbniederschläge auf Filterpapier zu erzeugen und an Hand von Vergleichsskalen aus der Stärke des Niederschlags Rückschlüsse auf die Menge des betreffenden Metalls zu ziehen.

Die Hoffnung, in der Steinkohlenaufbereitung dem optischen Vergleichsverfahren ein weiteres Anwendungsgebiet zu verschaffen, gründet sich auf die augenscheinliche Tatsache, daß die durch Setzprozeß oder Schwimm- und Sinkanalyse sortierten Kohlen neben dem Aschengehalt auch in Helligkeit und Farbe z. T. erhebliche Schwankungen aufweisen.

Courier-Daniel (2) und später Kemp (14) unternehmen mit Hilfe von Röntgenstrahlen eine unmittelbare Aschenbestimmung. Sie gehen dabei von der Überlegung aus, daß man durch Vergleich einer Reihe von Röntgenbildern gepulverter Kohle von verschiedenen aber bekannten Gehalten an Aschenbildnern mit den Röntgenbildern einer zu untersuchenden Kohle den Aschengehalt annähernd mengenmäßig erfassen müßte. Mit einem Siemens-Röntgendosismesser zur Messung der Strahlenintensität der Kohle hat Winter (29) an synthetischen Gemischen Kohle-Tonschiefer mit Aschengehaltsintervallen von 8,36% diese radiographischen Versuche fortgesetzt und gute Ergebnisse erzielt. Freilich werden die Helligkeitsunterschiede bei engeren Grenzen so gering, daß nach seiner Ansicht die Methode einer mengenmäßigen Aschenbestimmung darauf nicht gegründet werden kann, zumal die Absorption bekanntlich von dem Atom- bzw. Molekulargewicht sowie von der Schichtplattenhöhe des absorbierenden Mittels abhängt. Es besteht hier die Schwierigkeit, daß geringe Anteile stark absorbierender Aschen dieselben Tönungen der Röntgenbilder hervorrufen als schwächer absorbierende Bestandteile mit entsprechend höherem Aschengehalt.

Groß-Abramski (6) haben auf rein optischer Basis erfolgversprechendere Versuche durchgeführt. Zu den bekannten Beziehungen von spez. Gewicht und Aschengehalt fügen sie als

3. Komponente noch die Helligkeit, und zwar derart, daß mit der Erhöhung des spez. Gewichts und des Aschenanteils stets eine Steigerung des sog. Weißgehalts verbunden ist. Witte (31) spricht dem aus der Messung gewonnenen Maßstab nur dann Gültigkeit zu, wenn für die Untersuchung jeweils synthetische Mischungen der gleichen Kohlen- und Gesteinsart vorgenommen sind. Die Änderung einer der Komponenten würde also stets die Neuaufstellung eines Vergleichsmaßstabes (Eichkurve) erforderlich machen.

Für die Messung an Rohkohle steht zunächst die Frage offen, in welchem Maße durch die verschiedenen Komponenten der Kohlensubstanz mit ihrem zweifellos unterschiedlichen Gehalt an Eigenfarbe der Kurvenverlauf beeinflußt werden könnte.

Trotz der von Lessing (18) gebrachten Kritik an der Bestimmung der Mineralsubstanz in Kohlen läßt es sich in dem noch völlig unbekannten Gebiet der Beziehungen zwischen Kohlensubstanz, Aschenbildnern und Farbton zunächst nicht umgehen, als Vergleichsmaßstab die aus der chemischen Analyse gewonnenen Werte für Kohlenasche heranzuziehen. Nach Ansicht des Verfassers besteht die Möglichkeit, bei der intensiver werdenden Kenntnis über den Eigenfarbton der Steinkohle und Aschenbildner bzw. ihrer jeweiligen Beziehungen zueinander die chemische Analyse vielleicht ganz auszuschalten und mit Hilfe dieser optischen Methode ein Mittel zur Aufstellung absolut richtiger Werte bei der Feststellung der Kohlenaschenbildner zu finden.

Fuchs (4) führt die große Mannigfaltigkeit der natürlichen Kohlen auf das Vorhandensein vieler Ligninarten, ihrer Humusstoffe und deren stark wechselnder Verteilung in der Pflanzenwelt zurück.

Bekanntlich spielen daneben geologisch-physikalische Faktoren in der Bildung der Steinkohlen eine nicht unwesentliche Rolle und beeinflussen den „Inkohlungsgrad". Andererseits erscheinen die Bauelemente der Kohle in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen nicht nur als Ursache der Änderung des chemischen Charakters, sondern bewirken auch zweifellos Schwankungen in der Farbe.

Für diese Annahme enthalten die Ergebnisse von Groß und Abramski (6), welche die funktionellen Beziehungen zwischen Weiß- und Aschengehalt der Kohlen dreier Reviere untersuchten, eine gewisse Bestätigung. Mit wachsendem Gehalt an Aschenbildnern weisen ihre Kurven in dem technisch wichtigen Gebiet ein gleichartiges, aber parallel gegeneinander verschobenes Ansteigen des Weißgehaltes auf. Unter der Voraussetzung gleicher Untersuchungsbedingungen bewirkt die verschiedene Genesis der Lagerstätten oder besser der Inkohlungsgrad (Graphit, Anthrazit, Magerkohle, Flammkohle usw.) Änderungen in der Kon-

stitution der Kohlepartikelchen, die nicht ohne Einfluß auf den Farbton sein können. Dem Einwand, daß die wechselnde elementare Zusammensetzung der Aschenbildner mit ihren erwähnten Schwankungen im Eigenweißgehalt diese Unterschiede bedingen kann, läßt sich entgegenhalten, daß bei den von Groß-Abramski aufgestellten Kurven schon in dem ascheärmsten Gebiet (0—2%), wo die Mineralkomponente noch eine unwesentliche Rolle spielt, starke Differenzen im Weißgehalt deutlich in Erscheinung treten. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Ursache der Parallelverschiebungen, die die Weißgehaltskurven der drei Revierkohlen aufweisen, eher in dem verschiedenen Inkohlungsfaktor als in dem wechselnden Gehalt der Aschenbildner zu suchen ist.

Ferner ist in Erwägung zu ziehen, ob die schwankende Verteilung der Streifenarten (Glanz-, Matt-, Faserkohle) die Aufstellung einer Vergleichskontrollkurve über einem bestimmten Flözbereich Schwierigkeiten bereiten wird. Ausgehend von dem Wunsch, für Laboratorium und Praxis eine genauere und schnellere Methode zu entwickeln, ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit mit der Klärung der folgenden 2 Hauptfragen gegeben:

1. Es ist zu untersuchen, ob die verschiedene Konstitution von Kohlen (Glanz, Matt-, Faserkohle) und Zusammensetzung der Aschenbildner (Schiefer, Ton, Sandstein usw.) die Aufstellung einer Eichkurve mittels Farbtonmessung über den Bereich eines Steinkohlenflözes zuläßt.

2. Es ist der Weiß- und Farbgehalt der Aschenbildner festzustellen und ihr Einfluß auf den Kurvenverlauf einer kritischen Betrachtung zu unterziehen.

B.

Farbtonmessung an Steinkohlen zur Bestimmung des Aschenanteils.

I. Vorbereitung der Proben.

1. Probeentnahme in der Grube.

Die Voraussetzung für die Probeentnahme knüpft sich an die Bedingung, die Untersuchungen an einem Flöz auszuführen, das durch den umgehenden Abbau sowohl im Streichen als im Fallen möglichst weit aufgeschlossen ist. Die Proben sind dem im Gebiete einer oberschlesischen Grube liegenden Teile des Pochhammerflözes entnommen, das der unteren Sattelflözgruppe angehört und dort in einer Ausdehnung von rd. 2,4 qkm. aufgeschlossen ist. Die gegenseitig und willkürlich gewählte Entfernung der Probenahmestellen schwankt zwischen 200 und 300 m (s. Flözriß, Anhang). Soweit es möglich war, wurden die Schlitzproben in neu aufgeschlossenen Strecken und Pfeilern des 4—5 m mächtigen Flözes gehackt, um Fehler, die durch eventl.

Beimengungen von Gesteinsstaub oder Verwitterung alter, anstehender Kohlenstöße entstehen, von vornherein auszuschalten. Die aus dem von Sohle bis Firste geführten Schlitz von rd. 20 cm Breite und 10—15 cm Tiefe anfallende Kohle wurde sorgfältig nach der Quadrantenmethode geviertelt und eine Menge von 10 kg staubfrei verpackt dem Aufbereitungslaboratorium zugeführt.

2. a) Beziehungen zwischen spez. Gewicht, Aschenanteil und Korngröße bei S. + S.-Analysen.

In seinen Untersuchungen über die Zündfähigkeit von Streckenstaub variiert Witte (30) an synthetischen Gemischen das Verhältnis der brennbaren und nicht brennbaren Bestandteile, so daß zugleich mit der Messung des Farbtons auch jeweils eine Bestimmung des Aschengehalts denkbar erscheint. Rückschließend wäre es also möglich, nach Zerlegung der Kohlenproben in eine Reihe von aschenärmeren und aschenreicheren Fraktionen das wechselnde Verhältnis an Kohlen- und Mineralsubstanz durch Farbtonmessung und Aschengehaltsbestimmung, also durch zwei Werte zu sichern.

Für die Herstellung von Fraktionen wechselnden Aschenanteils erscheint die S. + S.-Analyse, die in der Kohlenaufbereitung eine weitgehende technische Bedeutung gefunden hat, als das gegebene Trennverfahren. Unter Benutzung der Unterschiede des spez. Gewichts der Kohlen- und Mineralbestandteile erfolgt die Trennung bei der S. + S.-Analyse in Flüssigkeiten von einem mittleren spez. Gewicht in eine leichtere schwimmende und eine schwerere sinkende Fraktion. Groß und Katwinkel (13) haben für diesen Zweck Apparate konstruiert, die den Durchsatz von größeren Mengen ermöglichen.

Aus der Literatur ist bekannt, daß bei der Kritik der Untersuchungsergebnisse die Korngröße der Aschenbildner eine recht wesentliche Rolle spielen kann, wenn man berücksichtigt, daß die anorganischen Substanzen durchaus nicht gleichmäßig in der Kohle verteilt sind.

Außerdem erwähnt Lessing, daß die Komponenten Glanz-, Matt- und Faserkohle in ihren Streifenarten zwar im wesentlichen stofflich homogen sind, gegeneinander aber quantitative und stoffliche Unterschiede aufweisen. Theoretisch wäre es also erst bei einem vollständigen Aufschluß des Untersuchungsmaterials möglich, mit Hilfe der S. + S.-Analyse eine stofflich einwandfreie Trennung zu erzielen.

Winkler und Werner (32) nehmen an, daß Aschengehalt und spez. Gewicht in linearer Beziehung zueinander stehen und einer geraden Linie folgen. Bei der schwankenden Verteilung der Streifenarten und den z. T. sich überschneidenden spez. Ge-

wichten der Mineralsubstanzen dürften hier die Verhältnisse komplizierter liegen. Andererseits ist ein direkter zahlenmäßiger Vergleich zwischen den Untersuchungen der S. + S.-Analyse und den Austrägen einer Setzmaschine nur dann gewährleistet, wenn durch die für das S. + S.-Verfahren erforderliche Verkleinerung der Korngröße nur eine unwesentliche „Verschiebung" der sekundären Aschenbildner auftritt.

Nach Untersuchungen von Lange (17) haben die kleinsten figurierten Bestandteile eine Größe von 20—30 μ. Die idealste Zerkleinerung wäre demnach ein Aufschluß bis 0,03 mm. Technisch ist einer Siebanalyse mit 0,045 mm Maschenweite eine untere Grenze gesetzt; weiter herunter fallen die Ergebnisse außerordentlich ungenau aus. Eine Fraktionierung bei dieser Korngröße durch Zentrifugieren erscheint gleichfalls als bedenklich, wenn man berücksichtigt, daß bei dem erforderlichen Durchsatz von großen Mengen in bezug auf die Zeitdauer mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen ist. Es kommt hier darauf an, eine mittlere Korngröße zu wählen, bei der einerseits eine für die Apparate erforderliche Zerkleinerung erreicht, andererseits eine vollständige Isolierung der sekundären Aschenbildner vermieden wird, zumal diese für den vorliegenden Arbeitsteil nicht beabsichtigt ist und der Einfluß der sekundären Mineralsubstanzen auf Asche und Farbton auch in den spezifisch leichteren Fraktionen gewahrt bleiben soll.

2. b) Schwimm- und Sinkanalysen von Pochhammerkohlen (5—0,43 mm).

Die Proben werden nach Absiebung des Kornes — 5 mm auf einem Backenbrecher mit 15 mm Spaltbreite vorgebrochen, nach Aufgabe auf einem Walzenstuhl auf 5 mm zerkleinert und mit dem abgesiebten Gut wieder vereinigt. Die Analysen habe ich z. T. in nach Professor Groß konstruierten S. + S.-Gefäßen ausgeführt. Außerdem werden mit dem Arbeiten in gewöhnlichen Standzylindern, aus dem der Schwimmgutanteil mittels Drahtnetzen entfernt wird, zeitlich und quantitativ gute Ergebnisse erzielt. Als Trennflüssigkeiten finden für die leichteren Fraktionen bis zum Gewicht 1,596 Mischungen von Xylol (0,86) und Tetrachlorkohlenstoff (1,596) und für die schwereren Fraktionen Tetrachlorkohlenstoff und Acetylentetrabromid (2,96) Verwendung. Wegen der stark differierenden Verdampfungsgeschwindigkeit der Flüssigkeitskomponenten muß es für die Erzielung einer quantitativ einwandfreien Analyse im Bestreben liegen, das zeitweise erforderliche Öffnen der Schwimm- und Sinkgefäße während der Versuche möglichst einzuschränken.

Fougner (8) weist in seiner Dissertation darauf hin, daß die geforderte Einschränkung der Versuchsdauer von Schwimm- und Sinkanalysen, denen physikalisch gedeutet, als Schwer-

kraftmethode das Stokessche Gesetz zugrundeliegt, von der Korngröße — 0,5 mm ab zeitlich auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Andererseits besteht die Gefahr, daß infolge gegenseitiger Beeinflussung und Auftreten von Brownschen Bewegungen innerhalb des dispersen Systems Kohlenstaub-Flüssigkeit das Ergebnis qualitativ in Frage gestellt werden kann. Durch Absieben habe ich das Korn — 0,43 mm zunächst aus dem S. + S.-Prozeß ausgeschaltet. Für die praktische Anwendung des Verfahrens erscheint aber die zusätzliche Untersuchung insofern erforderlich, als durch Ausschaltung des Feinkorns bei einem Anfall von durchschnittlich 30% die wirkliche Erzielung von wahren Durchschnittswerten bedenklich erscheint.

Bei der Untersuchung oberschl. Kohlen macht Dunkel (3) über die spez. Gewichte der Kohlenbestandteile folgende Angaben:

bis 1,32	Glanzkohle,	1,40—1,59	Faserkohle,
1,32—1,36	Glanzkohle, Mattkohle,	+ 1,595	Schiefer (Berge).
1,36—1,40	Mattkohle, Faserkohle,		

Er erwähnt, daß Glanz- und Mattkohle sich nicht auf einzelne Fraktionen beschränken, sondern über alle spez. Gewichte verteilt sein können. Langes (17) Analysen mit Flüssigkeiten vom Gewicht 1,20—1,28 bestätigen, daß mit der Existenz von weiteren Gefügebestandteilen durchaus zu rechnen ist.

Für die vorliegenden Versuche sind die Trennflüssigkeiten mittels nachgeprüfter Präzisionsspindeln auf die Werte 1,25, 1,28, 1,30, 1,35, 1,36, 1,59, 1,9, 2,0 eingestellt. Die Eichung der Flüssigkeit 2,0 erfolgt mit der Mohr-Westfahlschen Wage, die eine Ablesegenauigkeit von — 0,005 zuläßt. Die Anzahl der Fraktionen ist bei mehreren Analysen mit Absicht geändert, um für sämtliche Proben nicht Fraktionen gleichen Aschengehalts zu erzielen. Die Genauigkeit wird jeweils durch einen Parallelversuch kontrolliert. Mit einer Gesamtprobenmenge von 600 bis 700 g ist in sämtlichen Fraktionen ein für Aschengehaltsbestimmung und Farbtonmessung erforderlicher Mengenanfall zu erzielen (s. Tabellenmuster).

Probe 1, I.

Nr.	Spezif. Gewicht	Anfallmenge	Asche				Weiß	Schwarz	Farbe	Bemerk.
			a	b	Mittel					
		g	g	g	g	%	%	%	%	
1	- 1.25	13.2	0.0166	0.0158	0.0162	1.08	2.16	97.01	0.83	
2	1.25 - 1.28	249.5	0 0162	0.0154	0.0158	1.05	2 15	97 03	0.82	
3	1.28 - 1.30	328.0	0.0162	0.0168	0.0165	1.10	2.17	97.01	0.82	
4	1.30 - 1.36	66.5	0.0469	0.0456	0 0468	3.12	2.24	97.04	0 72	
5	1.36 - 1 59	14.8	0.1718	0.1718	0.1718	11.45	2.41	96.89	0.70	
6	1.59 - 2.0	9.4	0.4751	0.4735	0.4743	31.32	2.84	95 97	1.19	
7	2.0	15.5	0.8381	0.8413	0.8397	55.98	4.13	93.29	2.58	
		696.9								

Probe 2, I.

Nr.	Spezif. Gewicht	Anfallmenge g	Asche a g	Asche b g	Asche Mittel g	Asche %	Weiß %	Schwarz %	Farbe %	Bemerk.
1	- 1.25	20.6	0.0137	0.0133	0.0135	0.90	2.09	96.86	1.05	
2	1.25 - 1.28	210.3	0.0114	0.0108	0 0111	0.74	1.97	97.01	1.02	
3	1.28 - 1.30	320.4	0.0157	0.0154	0 0156	1.04	2.14	96.98	0.88	
4	1.30 - 1.36	90.9	0 0473	0.0466	0 0470	3.13	2.26	97.05	0.69	
5	1.36 - 1.59	23.8	0.2107	0.2093	0.2100	14.00	2 44	96.84	0.72	
6	1.59 - 2.0	12.4	0.5247	0.5225	0.5236	34.91	2.94	95.78	1.28	
7	2.0	16.7	0.8851	0.8873	0.8862	59.08	4.50	92.99	2.51	
		695.1								

2. c) S. + S. - Analysen von Feinkorn (0 — 0,43 mm) in Zentrifugen.

Für die Fraktionierung des Staubes stehen im Aufbereitungslaboratorium 3 Zentrifugen zur Verfügung. Während die beiden ersteren als Becherschleudern ausgebildet sind, besitzt die Kegelzentrifuge in schräger Neigung fest eingebaute Glashalter. Das Fassungsvermögen der Hängezentrifuge (System Kollatz) und der Zentrifuge mit Riemenantrieb beträgt bei je 4 Gehängen insgesamt max. 260 ccm. Über den Wirkungsgrad von Zentrifugen die Beziehungen zwischen freier Sinkgeschwindigkeit und Absetzgeschwindigkeit mittels Zentrifugalkraft liegen in der Dissertation Fougner (8) umfangreiche Untersuchungen vor. Die zur freien Schwerkraft hinzutretende Zentrifugalkraft (Zentrifugendruck) errechnet sich jeweils aus der Gleichung

$$C = \frac{G \cdot U^2}{g \cdot r}$$

G setzt sich zusammen aus den Gewichten des leeren Bechers, des leeren Glases und der jeweiligen Füllung. U ist die Umlaufgeschwindigkeit, r der äußere Radius und g die Erdbeschleunigung. Entsprechend der Füllung und der Umlaufszahlen (Hängeschleuder U = 3000 Umdrehungen/Min., Standzentrifuge U = 5000 Umdrehungen/Min.) ergibt sich ein Zentrifugendruck von 500—1700 kg/qcm.

Um die für Aschen- und Farbtonbestimmung erforderliche Mindestmenge von 5 g in den einzelnen Fraktionen zu erzielen, beträgt die für 3 Proben erforderliche Rohkohlenmenge je 100 g. Bei einem Glasfassungsvermögen von 65 ccm und einem Verhältnis von 1 : 6 von fester zu flüssiger Phase muß jeder Versuch in 3 Abschnitten durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind gleichfalls durch Parallelversuche gesichert.

In dem Abschnitt 2 b ist schon auf die Änderung des spez. Gewichts infolge differentieller Verdunstung der Flüssigkeitskomponenten hingewiesen. Fougner macht den Vorschlag, durch

Aufsetzen von Korkstopfen auf die Schleudergläser die spez. Gewichtsänderung während des Versuchs auszuschalten. Nach seinen Feststellungen scheint aber ein luftdichter Abschluß damit nicht erreicht zu sein. Ich habe im Cellophanpapier, das u. a. in der Lebensmittelindustrie Verwendung findet, einen wirkungsvolleren Verschluß gefunden. Das im feuchten Zustande über die Glasöffnung gespannte Papier schließt den Inhalt luftdicht ab und leistet dem Zentrifugendruck ausreichenden Widerstand.

Die Trennungsdauer von Schwimm- und Sinkgut schwankt bei voller Tourenzahl in den Grenzen zwischen 5—20 Minuten. Lediglich in dem Intervall 1,28—1,36, in dem mengenmäßig der Hauptanfall zu verzeichnen ist, tritt eine einwandfreie Klärung der flüssigen Phase trotz einstündiger Versuchsdauer nicht auf. Fougner macht ähnliche Feststellungen und erklärt es durch das Vorhandensein bestimmter Kohlenbestandteile, die nach Ansicht des Verfassers das gleiche spez. Gewicht wie die Trennflüssigkeit besitzen oder nahezu erreichen. Weiterhin können in den runden Schleudergläsern auftretende Strömungen das Absinken bzw. Aufschwimmen der festen Phase bei angenähertem spez. Gewicht verhindern. Durch Abstellen der Proben in Glashaltern und damit Ausschaltung der Strömungsbewegung erreichte ich nach ca. 30 Minuten eine restlose Klärung der flüssigen Phase.

Mit der Verringerung der Korngröße konzentriert sich der Anfall mehr auf Fraktionen von spez. Gewichten, die denen der Kohlenstreifenarten und Aschenbildner entsprechen; d. h. die Trennung fällt schärfer aus. Für die Farbtonbestimmung über einem möglichst großen Aschengehaltsintervall ergibt sich demnach als notwendige Folge eine entsprechende Steigerung der Gesamtprobenmenge, um für Aschenbestimmung und Farbtonmessung in allen Fraktionen den erforderlichen Mengenanfall zu erhalten. Das relativ geringe Fassungsvermögen der Schleudergläser zwingt danach zu einer öfteren Unterteilung der Gesamtprobenmengen auf verschiedene Versuchsabschnitte, wodurch wiederum die Versuchsdauer erhöht und quantitativ und qualitativ das Ergebnis bei der mit gewissen Schwierigkeiten verbundenen Entfernung des Schwimmgutanteils aus den Schleudergläsern beeinflußt wird.

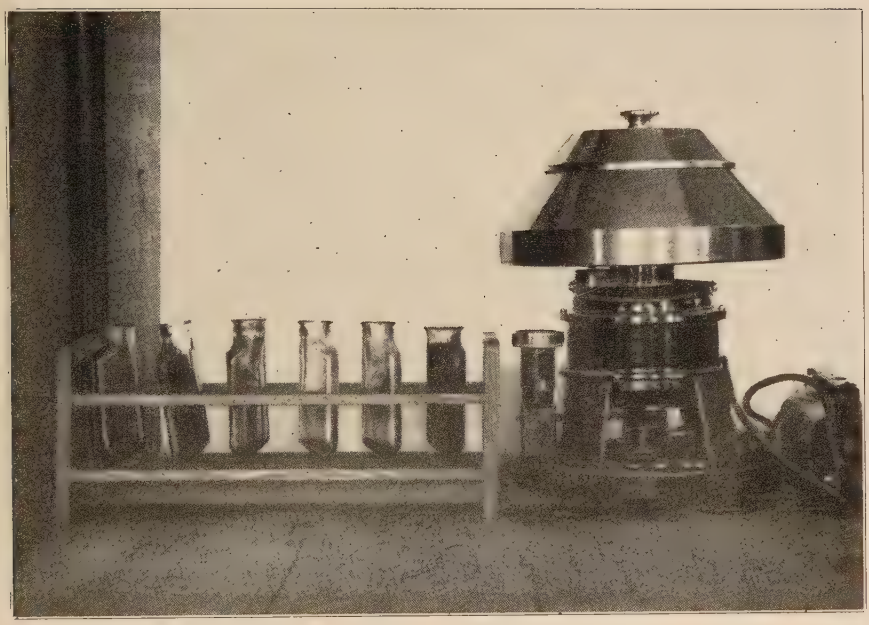
2. d) Kritische Betrachtungen über den Verwendungsbereich und Wirkungsgrad von Kegelzentrifugen.

Durch Bereitstellung von Geldmitteln durch die Helmholtzgesellschaft wurde das Institut in die Lage versetzt, die Anschaffung von Schleudern ähnlicher Systeme aber größeren Fassungsvermögens in Erwägung zu ziehen. Unter Berücksichtigung der

Faktoren Kostenpunkt, Kraft- und Platzbedarf sowie physikalisch neuer und besserer Wirkungsweise fiel die Wahl auf das Angebot der Bolaget- Winkelzentrifug-Stockholm.

Auf Grund theoretischer Erörterung und praktischer Versuche vertritt R. Lundgreen (19) die Ansicht, daß die Sedimentierung in schräg gestellten Gläsern vielfach schneller verläuft als in wagerecht ausgeschwungenen. Die Bolaget-Winkelzentrifug hat nach seinen Berechnungen Zentrifugen herausgebracht, die zunächst durch ihr großes Fassungsvermögen bestechen und dadurch eine gewisse Eignung für die Trennung größerer Stoffmengen von vornherein besitzen. Die nebenstehende Figur stellt eine Motorwinkelzentrifuge vom Typ G mit 6 unter einem Winkel von 45° schräg gestellten Gläsern dar. Letztere haben bei einem Fassungsvermögen von je 165 ccm dreieckige Form und sind rings um die stehende Motorwelle in einer vernickelten Kappe, die mitrotiert, angebracht. Zum Schutz gegen Bruch- und Splittergefahr sind die Gläser in gepreßte Aluminiumbehälter eingefaßt. Zur Erhöhung der Bruchsicherheit ist der Raum zwischen Glas und Außenwänden der Aluminiumhüllen mit Gummilagen ausgestattet. Der Luftwiderstand ist gering und besteht nur zwischen dem Reibungswiderstand der glatten Kappe und der Luft. Ein Gußeisengestell mit 4 Kautschukfüßen trägt Motor und Zentrifuge. Der Antrieb erfolgt mittels Reibung vom oberen Wellenende über eine Nabe auf die aufgestellte Zentrifugenkappe. Außerdem sind Tachometer und Regulierwiderstand angebracht, um die Tourenzahl ablesen bzw. über einen Bereich von 2500 bis 4500 T./Min. zu regulieren. Bei einem durchschnittlichen spez. Gewicht von 1,35, 4000 Touren/Minute und einem äußeren Radius von 15 cm beträgt der Zentrifugendruck rund 1150 kg/qcm.

Zur Untersuchung über die Eignung für Schwimm- und Sinkanalysen habe ich Versuche mit Rohkohlen (75 μ) und Trennflüssigkeiten vom spez. Gewicht 1,30, 1,35 u. 1,59 durchgeführt. Bei einem Verhältnis fest-flüssig von 1 : 5 ist die Probemenge für jeden Versuch 5 mal größer, als bei den erwähnten Becherschleudern. Bei einer Betriebsdauer bis 45 Minuten und rund 4000 Touren in der Minute werden in den Trennflüssigkeiten 1,30 und 1,35 quantitativ einwandfreie Trennungen des Schwimm- und Sinkgutanteils nicht erzielt. Lediglich beim spez. Gewicht 1,59 ergibt die Trennung zufriedenstellende Ergebnisse, die vielleicht darauf beruhen, daß hier die Gewichtsdifferenz zwischen Schwimmkörper und Sinkgut relativ hoch liegt. In Anbetracht des hohen Zentrifugendrucks läßt die Bruchsicherheit der mit der Zentrifuge gelieferten Gläser mit ihren starken Wänden und scharf ausgeprägten Ecken und Kanten stark zu wünschen übrig. Mit Gläsern der Firma Fischer und Röver-Stutzerbach,



die nach unseren Angaben solche mit entsprechend schwächeren Wandungen und Abrundungen der Kanten herstellten, sind dann in bezug auf Festigkeit und Eignung günstigere Ergebnisse erzielt worden.

R. Lundgreen begründet seine theoretischen Erörterungen über die Eignung der Kegelzentrifugen auf praktische Versuche mit einer festen und einer flüssigen Phase. Zweifellos finden seine Angaben, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, für das Zweiphasensystem Berechtigung. An Hand von umfangreichen Versuchen wird die Frage zu klären sein, ob die von Lundgreen erwähnte Strömung der flüssigen Phase an der Glasinnenwand, welche zweifellos die erschwerte Trennung in dem System fest-flüssig-fest verursacht, durch geeignete Versuchsanordnung (Steuerung der Tourenzahl usw.) zu vermeiden ist.

3. Die Bestimmung des Aschenanteils nach der Verbrennungsmethode.

Zur Frage der Bestimmung des Aschenanteils nach der Verbrennungsmethode wird auf den in der Praxis allgemein üblichen Arbeitsgang verwiesen.

Während bei den aschenarmen Fraktionen in der Regel gut übereinstimmende Resultate erzielt sind, ergeben sich in den schweren Fraktionen erhebliche Gewichtsdifferenzen. Unter Hinweis auf die in der Einleitung gebrachten Lessingschen Ausführungen hat man dafür die Erklärung, daß abgesehen von der Verbrennung der reinen Kohlenbestandteile, u. a. auch gemischte Umsetzungen im Schmelzfluß stattfinden, d. h. mineralische Substanzen, wie Alkalisalze, sich verflüchtigen; Salze, wie Karbonate, Sulfate und saure Silikate können ganz oder teilweise entsauert werden. Über die Unterschiede zwischen dem Verlauf der theoretischen und praktischen Asche-Heiz-Wertkurve verursacht durch Wärmetönung der chemischen Reaktionen von Aschenbildnern und das Vorhandensein endothermer Vorgänge wird auf die Arbeiten von Gründer (9) verwiesen.

II. Farbtonmessung.

1. a) Ostwaldsche Farbenlehre unter Berücksichtigung des Systems Kohle-Aschenbildner.

Aus der Physik wird die Tatsache als bekannt vorausgesetzt, daß die Farbe eines Körpers bestimmt werden kann durch das dem Körper eigentümliche Absorptionsspektrum. Für die vorliegende Farbtonmessung an Kohlen und überhaupt für die Bestimmung der Farbe in der angewandten Praxis erscheint es als umständlich und zeitraubend, erst jeweils über das betreffende Absorptionsspektrum die Farbe eines Stoffes festzulegen. Ein Ausweg ist hier in der Einführung der Farbnormung gewiesen.

Mit der Aufstellung seines Farbendoppelkegels ordnete als erster Wi. Ostwald (23) die in der Natur vorkommenden Farben in übersichtlicher Weise nach Farb-, Weiß- und Schwarzgehalt. Bei der Untersuchung von Kohlen erscheint es offensichtlich, daß die Komponente Schwarz mengenmäßig gegenüber dem Weiß- bzw. Farbgehalt stets die überwiegende Rolle spielen wird. Damit erhebt sich die Frage, ob die mit Änderung des Aschengehaltes tatsächlich verbundenen geringen Schwankungen in Helligkeit und Farbton physiologisch wahrnehmbar, qualitativ und quantitativ technisch zu erfassen sein werden. Nach Ostwald geht die Empfindung keineswegs proportional, sondern folgt dem Fechnerschen Empfindungsgesetz, nach welchem z. B. gleichen Verhältnissen des Weißgehaltes gleiche Stufen der Empfindung zugeordnet sind.

Die Vollfarbe eines Stoffes setzt sich aus dem Weißgehalt, Schwarzgehalt und dem Bunt- oder Farbgehalt zusammen. Da die Komponenten mengenmäßig in Prozent angegeben sind, ergibt sich die Gleichung

$$S + W + F = 100\%.$$

Ostwald hat Schwarz und Weiß, das erste dargestellt durch schwarzen Seidensamt, das zweite durch Barytweiß, in beliebigen Mengen miteinander gemischt und diese neutralen Graufärbungen in 24 mit a, b, c, d . . . bezeichneten Stufen (Graureihen) zusammengestellt.

Die Berechnung der einzelnen Stufen erfolgt nach dem psycho-physischen Empfindungsgesetz von Fechner, wobei Ostwald die Helligkeiten nach gleich großen Intervallen ihrer logarithmischen Werte anordnet. Für die Messung von Stoffen mit sehr hohem Schwarzgehalt erscheint die Feststellung wesentlich, daß reichliche Mengen Schwarz im Weiß nur wenig bemerkt, dagegen Spuren Weiß noch überaus deutlich empfunden werden. Die gleiche Annahme trifft Ostwald für den Farbgehalt, sodaß sich quantitativ dem Schwarz gegenüber der Farbgehalt wie das Weiß verhält. Im Gebiet der bezogenen Farben bezeichnet er Körper als schwarz, deren Rückwerfung sehr gering ist. Schwarz ist also Verlust an Helligkeit, den der betreffende Körper in seinem ihm eigenen Spektralbezirk erleidet. Weiße Stoffe dagegen zeichnen sich durch ein Minimum an Schluckung aus und haben die Tendenz, die eingestrahlten farbfreien Lichtmengen vollkommen zu spiegeln.

Eine gewisse Bestätigung hierfür fand ich bei dem Vergleich von Kohle und geschlämmten Proben von Ba SO_4. Während bei einem Kohlenstaub von 97% Schwarz der relativ geringe Farbgehalt unter Umständen schon mit bloßem Auge wahrgenommen werden kann, ist bei Baryt mit 97% Weiß die vorhandene Farbe ohne technische Hilfsmittel nicht erkennbar.

Beziehungen zwischen Aschenanteil und Weißgehalt hat erstmalig Abramski (1) in seiner Diplomarbeit unter Verwendung der Ostwaldschen Graureihen aufgestellt. Seine Ergebnisse bewegen sich in einem Genauigkeitsintervall von höchstens 3 bis 5%, so daß die praktische Verwendung der Methode für die Aschenbestimmung von vornherein als bedenklich erscheint. Außerdem bietet dieser Weg keine Handhabe, für Stoffe, in denen der Farbton eine gewisse Rolle spielt, einwandfreie Werte für Schwarz- und Weißgehalt zu liefern.

1. b) Stufenphotometer nach Pulfrich.

Pulfrich gebührt das Verdienst, mit dem Ersatz der Graureihen durch sein Photometer eine Einrichtung gebracht zu haben, die bequem und schnell die einzelnen Stufen der Graureihen und die dazwischen gelegenen Werte in eindeutiger Weise anzeigt und besonders für das dunkelklare Gebiet eine höhere Meßgenauigkeit als die Graureihe gewährleistet.

Unter Hinweis auf die über Einrichtung und Arbeitsweise orientierende Literatur (16, 24, 33) beschränken sich weitere Angaben über die Eichung des Apparates auf die Feststellung, daß für alle Kohlenproben das Dunkelblau-Filter I die niedrigsten Werte (Sperrfilter), das dunkelrote Filter VII die höchsten Werte (Paßfilter) erzielen. Der Spektralbezirk, der in der Kohle und ihren Aschenbildnern vorhandenen Farbträger bewegt sich demnach in dem Farbintervall „Rot". Durch fortlaufende Kontrollmessungen sind diese Werte gesichert.

Wie in dem Abschnitt III 3 näher erläutert wird, ist der Einfluß färbender Bestandteile zahlenmäßig nicht bedeutend, und bewegt sich in dem technisch wichtigen Gebiet 0—40% Asche zwischen 0,6 bis 2,0% Farbe. Unter Würdigung dieser geringen Differenz und der aus den konstanten Filterwerten sich ergebenden qualitativen Farbhomogenität der untersuchten Kohlen ist davon Abstand genommen, nach der sogenannten relativen Farbmeßmethode mit Hilfe des Krügerschen Zusatzapparates (16) die Farbträger der Kohlen und ihrer Aschenbildner auch qualitativ zu bestimmen.

1. c) Zwischenschaltung von Graustufen beim Vergleich von Systemen sehr hoher Potentialdifferenz (Kohle — Barytweiß).

Eine Störung des Meßverfahrens hat sich insofern gezeigt, als die über der Barytplatte liegende Meßblende bei der sehr erheblichen Helligkeitsdifferenz zwischen Normalweiß und Kohlenstaub stark zugezogen werden muß. In solchen Fällen rufen, wie Ostwald erwähnt, die bei jedem Auge mehr oder weniger vorhandenen Trübungen in der Hornhaut der Linse Schattenwirkungen hervor. Zur Verminderung der Helligkeitsdifferenz

Tabelle, Probe 1, I.

Nr.	Asche	Weißgehalt		Mittel	Faktor	Weiß	Schwarzgehalt		Mittel	Faktor	Schwar	Farbe
		Meßlage a	Meßlage b				Meßlage a	Meßlage b				
	%					%					%	%
1		23.1 23.2	22.9 23 3		0 0943		28.8 29.3	28.6 28.7		0.1035		
	1.08	23.0 22.8 22 8	22.7 23.2 23.1	23.0		2.16	29.1 29.1 28.6	28.8 28.7 29.1	28.88		97 01	0.83
2		23.4 22.4	22.6 22.9				28.6 28.4	28.9 28.4				
	1.05	22.8 23.1 22 9	22.5 23.1 22.9	22.78		2.15	28.5 29.0 28.9	28.5 29.0 28.9	28.70		97.03	0.82
3		22.4 22.3	23.4 23.3				28.5 29.2	28.9 28.6				
	1.10	22.9 23 2 23.3	22.8 26.0 22.8	22.90		2.17	29.1 28.9 28 4	29.0 29.0 28.7	28.83		97.01	0.82
4		23.8 24.0	23.9 23.8				28 8 28.6	28.3 28.4				
	3.12	23.2 23.6 23.7	24.0 23.8 23.7	23.75		2.24	28.7 29.0 28.4	28.6 28.9 28 3	28.60		97.04	0.72
5		25.9 25.4	25.9 25.8				30.5 30.0	29.7 29.9				
	11.45	25.8 25.4 25.2	28.7 25.4 26.2	25.67		2 41	30.4 29.8 29.9	30.1 30 2 29.9	30.04		96.89	0.70
6		30.6 30.3	29 8 29.7				39.2 39.0	39.0 38.8				
	31.62	30.3 30.2 29.7	30 1 30.4 30.2	30.10		2.94	38.7 38.9 38 9	38.6 38.8 39.4	38.93		95.97	1.19
7		43.8 44 0	43.9 44 2				64.9 65.2	64 7 64.9				
	55.98	44.1 43.5 43.4	44.1 43,4 43.6	43.80		4.13	64.4 64.8 64.9	65.2 61.1 64.4	64 83		93.29	2.58

Tabelle, Probe 2, I.

Nr.	Asche	Weißgehalt		Mittel	Faktor	Weiß	Schwarzgehalt		Mittel	Faktor	Schwarz	Farbe
		Meßlage a	Meßlage b				Meßlage a	Meßlage b				
	%					%					%	%
1		22.0 22 2	22 7 22.6	22.37	0.0943	2.09	30.6 30.1	30.6 30 5	30.33	0.1035	96 86	1.05
	0.90	22.4 22.6 22.3	22.4 22 2 22.3				29.8 29.9 30.4	30.4 30.7 30 2				
2		20.9 21.3	20.6 20.5	20 89		1.97	29.1 29.0	29.4 29.2	29.98		97.06	1.02
	0.74	21.2 20.8 20.7	20.8 21.2 21.0				29.2 28.7 28.6	28 7 28.6 29.3				
3		22.7 22.8	22.4 22.3	22.70		2.14	29.2 29.1	29.4 28.8	29.09		96 98	0.88
	1.04	22.7 23.1 22 6	22.8 22.7 22.9				29.2 29.0 28.8	29.1 28 8 29.5				
4		24 4 24.2	24.0 24.4	24.00		2.26	28.7 28.9	28.2 28 0	28.50		97.05	0.69
	3.13	23.7 23.9 24.0	23.7 23.6 24.1				28.3 28,4 28.6	28.5 28.8 28.6				
5		26 2 26.1	26.1 25 7	25.97		2 44	30.6 30.8	30.7 30.3	30 53		96.84	0 72
	14.00	26.0 25.8 25.9	26.2 25.9 25 8				30 4 30.3 30.5	30 2 30.6 30.9				
6		29.8 29.9	30 2 30 4	30.11		2.94	41.2 41.1	40.8 40.5	40.78		95.78	1.28
	34.91	30.2 30.5 30.1	29.9 30 2 29.9				40.6 40.8 40.5	40.7 41 0 41.6				
7		47.6 47.4	47.5 47.6	47.72		4.50	67.8 67 4	68.0 67.9	67.73		92 99	2.51
	59 18	47 9 48.0 48,2	47.6 47.4 47 9				67.2 67.8 67:7	67.5 67.9 68 1				

schaltet man eine vorher auf die entsprechenden Filter geeichte Graustufe (Platingraufilter) in den Strahlengang. Der für die Graustufe erforderliche Durchlässigkeitsfaktor der einzelnen Farbfilter wird errechnet. Das Produkt aus Trommelwert und Graufilterfaktor ergibt dann jeweils den Weißgehalt bzw. relativen Schwarzgehalt. Als Graufilterfaktoren ergeben sich für das Sperrfilter der Wert 0,0943, für das Paßfilter der Wert 0,1035.

Für die ersten Messungen am Stufenphotometer erscheint es zweckmäßig, mindestens 5 Werte in jeder Filterstellung zu messen und deren Durchschnitt durch weitere 5 Werte nach Umtausch von Normalweiß und Kohlenprobe zu kontrollieren. Mit einiger Übung und Sorgfalt lassen sich dann schon mit je 3 Ablesungen ausreichend genaue Mittelwerte erzielen.

2. Beziehungen zwischen Dispersisitätsgrad, Kornform und Vollfarbe.

Während die Teilchengröße bei der Bestimmung der stofflichen Eigenschaften einer Substanz mittels der chemischen Analyse sich in molekularen bzw. ionendispersen Dimensionen bewegt, reicht im Sinne der Kolloidchemie der Dispersitätsgrad für die „Stuphomessung", die eine Wertbestimmung der Eigenschaften auf Grund der Oberfläche darstellt, infolge der technischen Grenze der mechanischen Zerteilbarkeit nur bis in das Gebiet grobdisperser Systeme. Wie Ostwald berichtet, bestehen bestimmte funktionelle Beziehungen zwischen der Vollfarbe (S. + W. + F.-Gehalt) und der Beschaffenheit der Oberfläche einer Substanz. Neben optischen Eigenschaften, wie durchsichtig, durchscheinend und undurchsichtig sind diese abhängig von der Teilchengröße. Während es im Wesen der Stuphomessung liegt, die stofflichen Eigenschaften konstant zu halten, bildet also bei Änderung der Teilchengröße der „Dispersitätsgrad" die „Variable".

In dem Aufgabenkreis der vorliegenden Arbeit kommt es darauf an, für das System Kohle-Aschenbildner den Aufschlußpunkt zu finden, nach welchem auch bei fortschreitender Zerkleinerung bis zur technischen Grenze eine wesentliche zahlenmäßige Verschiebung innerhalb der Vollfarbe nicht mehr eintritt. (S. Tabelle S. 21).

Meldau (21) schreibt über die „Kornform", daß der durch Zerkleinerung bei mechanischen Vorgängen entstehende Staub äußerlich (oft) dem Ausgangsstoff gleichgebildet, d. h. dessen geometrische Verkleinerung ist. Auf Grund eigener Untersuchungen bestätigt sich auch, daß Matt- und besonders Glanzkohle infolge ihres „kristallinen Gefüges" ihre typische Form nicht ändern und kugelig werden, sondern diese trotz stärkster Zerkleinerung beibehalten. Diese Annahme findet neuerdings eine gewisse Bestätigung von Jenkner und Hoffmann (10), die bei Beobachtung von Glanzkohle im polarisierten Licht eine aus-

gesprochen achsengleiche Anordnung der Atomgruppen in der Kohle festzustellen glauben. Aus ihren Ergebnissen resultiert, daß mit der Abnahme der flüchtigen Bestandteile und mit der Anreicherung an Kohlenstoff stets eine Erhöhung der Anisotropieerscheinungen, besonders bei Glanzkohlen, verbunden ist.

Zahlreiche Versuche über die Beziehungen zwischen Korngröße und Vollfarbe führen zu dem Ergebnis, daß für die Farbtonmessungen an Kohlen eine Zerkleinerung auf — 75 μ ausreichend erscheint. (S. Tabelle S. 21.) Die Wichtigkeit der Teilchengröße zwingt für sämtliche Proben, die den gleichen Untersuchungsbedingungen in der Farbmessung unterliegen sollen, in bezug auf Korngröße ein möglichst homogenes Stoffsystem darzustellen. Der Zerkleinerungsgrad, das Verhältnis der mittleren Korngröße vor und nach der Zerkleinerung wird in sämtlichen Fraktionen verschieden sein, wenn man den wechselnden Anteil an Glanz-, Matt- und Faserkohle und Aschenbildnern berücksichtigt, deren physikalische Eigenschaften wiederum in Festigkeit, Spaltbarkeit und Zerreiblichkeit z. T. erhebliche Schwankungen aufweisen.

Die Zerkleinerung für die Stuphomessung ist an die Voraussetzung geknüpft, durch Regulierung der Mahldauer bzw. entsprechende Absiebung, die aber eine Sortierung vermeiden muß, für sämtliche Fraktionen eine gleiche Kornverteilung zu schaffen.

3. Träger des Schwarz- und Weißgehaltes.

Kohle und Eisenkies werden infolge ihrer starken Lichtschluckung und geringen Rückwerfung in das Gebiet der wenig durchscheinenden bzw. fast undurchsichtigen Körper gerechnet. Mit Vergrößerung der Oberfläche bzw. Verringerung der Teilchengröße nimmt bei diesen Stoffen die Schluckung und damit der Schwarzgehalt auf Kosten der Spiegelung zu. In seiner Arbeit über das System Zink-Eisenkies erwähnt Hoffmann (12), daß der Eisenkies mit zunehmender Korngröße auch eine starke Verschiebung zugunsten des Farbgehaltes erleidet, und daß im allgemeinen die anfänglich lineare Abhängigkeit des Weißgehaltes von der Korngröße 5 μ an in die einer e-Funktion übergeht. Aschenbildner, wie Kalkspat, Dolomit, Quarz, Tonsubstanzen usw., die dem Stoffgebiet der farblosen, durchsichtigen Körper angehören, vermehren mit abnehmender Korngröße auf Kosten der Lichtschluckung ihren Rückwurfswert bzw. Weißgehalt.

4. Der Rückwurfswert und seine Abhängigkeit von der Konstitution der Meßprobenoberfläche.

Der praktische Rückwurfswert wird nach Ostwald-Seeliger (23) gemessen senkrecht zur untersuchten Oberfläche, während diese

durch Licht beleuchtet wird, das unter einem mittleren Winkel von 45° einfällt. Abgesehen von optischen Eigenschaften des betreffenden Stoffes und seines Dispersitätsgrades hängt die Menge des zurückgeworfenen Lichtes auch von der Konstitution der Meßprobenoberfläche ab, die man sich aus lauter kleinen Erhebungen mit zwischenliegenden Vertiefungen dargestellt denken kann.

Der Rückwurfswert setzt sich aus Spiegelung und Streuung zusammen. Während bei der ersteren die eingestrahlten Lichtmengen ausschließlich nach einer ganz bestimmten Richtung zurückgeworfen werden, findet bei der Streuung die Rückstrahlung nach allen Richtungen statt. Für die Herstellung einwandfreier Vergleichswerte wird also das Bestreben herrschen, möglichst nur solche Oberflächen herzustellen, die diffus reflektieren, d. h. eine Fläche darstellen, welche über die ganze Meßoberfläche gleich hell bzw. dunkel aussieht, in welcher Richtung man sie auch betrachten mag. (Lambertsches Definitionsgesetz der idealen Streuung.)

Die Erzeugung von Meßoberflächen durch Druckwirkung scheidet hier aus, da zwar durch Druck mit einer glatten Platte, wie Hoffmann (12) berichtet, Schattenwirkungen beseitigt werden, andererseits aber eine glatte spiegelnde Fläche entsteht, die einen Teil des einfallenden Lichtes unter dem Okular vorbeileiten kann. Die besten Ergebnisse wurden schließlich dadurch erzielt, daß die Substanz, immer eine gleiche Probemenge vorausgesetzt, vorsichtig und ohne Druck mittels einer angerauhten Glasplatte in die Öffnung der Objektträger eingestrichen wurde. (S. Tabelle S. 23.) Bei dem Ziel, eine möglichst ideal streuende Fläche zu erzeugen, wird es sich auch bei der erwähnten mechanischen Bearbeitung nicht vermeiden lassen, daß bestimmte Richtungen reichlicher vertreten sein werden. Ein gewisser Anteil von Glanz oder Spiegelung der Kohlenstaubschicht wird zurückbleiben. Hier erweist es sich als zweckmäßig, nach jeder Ablesung den Probenbehälter um seine eigene Achse rund 45° jeweils zu drehen und damit eventuell Meßfehler zu verringern.

5. Die Methode der graphischen Darstellung.

Der prozentuale Aschenanteil ist in den Kurvenbättern (s. Anhang) auf der Abszissenachse eingetragen. Zur Darstellung des wahren Kurvenverlaufs wären die Werte der Schwarz-, Weiß- und Farbgehalte der Teilung der Trommelskala entsprechend auf Papier aufzutragen, dessen Ordinatenteilung der quadratischen Funktion $y = f\sqrt{x}$ entspricht. Aus technischen Gründen mußte von der Verwendung von quadratisch geteiltem Papier Abstand genommen werden. Für die Darstellung wurde solches mit normaler logarithmischer Teilung benutzt, das den Kurvenverlauf

Korngröße						Einbringen der Probe in den Objektträger											
Mahldauer min	Messung			Mittel	Weißgehalt %	Bemerkung.	Probe	Versuch I Messung		Mittel	W. Geh. %	Versuch II Messung		Mittel	W. Geh. %	Versuch III Messung		Mittel	W. Geh. %	Bemerkung.
	25.8	25.9	25.5				stark	26.9	26 8			27.8	27.7			26 7	26.3			
							ge-	26.8	27.2			28.2	27.9			26 4	26.5			
20	25.9	26.1	25.8	25 83	2.43		drückt	26.7	26.6	26 8	2.53	27.6	27.5	27.78	2 63	26 2	26.3	26.40	2.49	
								24.4	24 2			24.7	24.4			25.2	24.7			
	22.7	22.3	22.2				schwach gedrückt	24.0	24.1			24.9	24.5			24.5	25.0			
30	23.0	22.4	22.3	22.48	2.12			23 9	24 1	24.11	2.27	24.8	24 5	24.63	2.30	24.5	24.4	24.70	2.32	
								22 4	22.3			22.5	22.4			22 7	22.0			
	20.4	20.7	20.2				einge-	22.6	22.3			22.2	22.5			22.4	22.5			
40 (-75 µ)	20.4	20.3	20.2	20.31	1.92		strich.	22.5	22.1	22.36	2.09	22.6	22 3	22 36	2.09	22.1	22.6	22 38	2.10	
	20.5	20.4	20.1																	
60	20.6	20.2	20.3	20.35	1.92															

der einzelnen Proben mit großer Annäherung wiedergibt. Für die Eichkurve fand Papier mit numerisch geteilter Ordinate und Abszisse Verwendung.

6. Kohlungsprozeß und Vollfarbe.

Der Kohlungsprozeß stellt eine Bildung immer neuer anorganischer Bindungen aus der ursprünglich organischen Pflanzenmasse dar.

D. Wieluch (28) nimmt an, daß das verkohlende Molekül zwischen seinem ursprünglichen organischen Zustande und dem endlichen Zustande vollständiger Verkohlung eine Reihe wohldefinierter Stadien durchläuft, deren jeweiliger Zustand neben anderen physikalischen und chemischen Erscheinungen durch eintretende Bräunung oder Schwärzung augenfällig charakterisiert ist. Das Endprodukt stellt schließlich eine schwarze, chemisch träge, kaum noch lösbare, äußerst wenig schmelzbare Masse dar, die nicht aus reinem Kohlenstoff, sondern aus Verbindungen desselben besteht. Wieluch erklärt das „Dunkelwerden" organischer Verbindungen durch die „Reduktionswirkung des Sauerstoffs", indem dieser auf die Reduktion mancher Kohlenwasserstoffe fördernd wirkt und sich mit dem entzogenen Wasserstoff zu Wasser verbindet. Diese Theorie findet eine gewisse Bestätigung in der von Petrascheck aufgestellten Inkohlungsreihe, in der, wie Fuchs (4) erwähnt, mit fortschreitender Inkohlung eine Verminderung des H_2- bzw. O_2-Gehaltes parallel läuft. In dem Grade, wie sich nach Ansicht der Chemiker die anorganischen Bindungen mehren, wird sich auch das für die Kohlung charakteristische Merkmal des Dunkelwerdens zu erkennen geben.

Was die Komponenten Glanz-, Matt- und Faserkohle betrifft, so weist Wieluch in seinen molkulartheoretischen Betrachtungen darauf hin, daß zwischen diesen Streifenarten in bezug auf ihren relativen Inkohlungsgrad sehr deutliche Unterschiede bestehen.

Mattkohle erweist sich als der am wenigsten inkohlte, Faserkohle als der am stärksten inkohlte Bestandteil, während der Kohlungsindex der Glanzkohle gegenüber den erwähnten Modifikationen in der Regel die Mittelstellung einnimmt.

Erwähnt sei, daß nach Beobachtungen von Hoffmann und Stach (11) die Mattkohlenopaksubstanz um so undurchsichtiger, also dunkler wird, je höher der Inkohlungsgrad liegt. Nach Wieluchs Ansicht ist es wahrscheinlich, daß auch bei Operation mit Durchschnittsproben die verschiedenen Stadien der Inkohlung und damit Schwankungen in der Helligkeit in Erscheinung treten können.

7. Der Farbgehalt in dem System Kohle-Aschenbildner.

In der Einleitung erwähnte ich, daß einem Hellerwerden in dem System Kohle-Asche eine Steigerung des Aschenanteils ent-

spricht. Die Untersuchungen von Groß-Abramski (6) beschränken sich auf die Festlegung der funktionellen Beziehungen zwischen Kohlensubstanz und Aschenbildnern auf Grund des Weißgehaltes.

Bei dem prozentualen Zusammenhang zwischen Schwarz-, Weiß- und Farbgehalt und der Existenz von Farbträgern erscheint es naheliegend, die Untersuchungen auf die Messung des Schwarzgehaltes auszudehnen und aus dem errechneten Farbanteil gewisse Kenntnisse über die Verteilung der Kohlenstreifenarten und der Konstitution der Aschenbildner zu sammeln.

III. Schwarz-, Weiß- und Farbgehalt der Pochhammerkohlen.

1. Der Weißgehalt.

Innerhalb des technisch wichtigen Gebietes (0 — 45% Asche) sind die Abweichungen im Weißgehalt an Punkten gleichen Aschenanteils bei sämtlichen Proben sehr gering. Es erscheint daher unbedenklich, die Ergebnisse der untersuchten Proben an Hand der Eichkurve einer gemeinsamen Kritik zu unterziehen. (S. Anhang).

Bei sämtlichen Proben bewegt sich der Weißgehalt in dem Abschnitt 0—45% Asche zwischen den Werten 2,0—3,5%. Hier besticht, abgesehen von dem Intervall 0 - 3% Asche, der stetige und annähernd lineare Verlauf. Die numerisch aufgetragene Eichkurve enthält die Mittelwerte aus sämtlichen Proben. Es lassen sich zunächst 3 Hauptteile unterscheiden, und zwar die Abschnitte zwischen den Aschenanteilen 0—3, 3—45 und 45—60%.

Der Intervall 0—3% Asche kennzeichnet sich durch starkes, leicht gekrümmtes Ansteigen, der zweite Abschnitt verläuft mit wesentlich geringerer Steigung fast linear, während im dritten Teil bei gleicher Zunahme des Aschenanteils ein erheblich stärkeres Wachsen des Weißgehaltes festzustellen ist.

Von einigen Proben sind durch S. und S.-Analyse Fraktionen mit dem Spez. Gewicht $< 1{,}25$ abgetrennt. Bei Betrachtung mit bloßem Auge zeichnet sich der Staub dieser Fraktionen gegenüber den nächst schwereren durch einen rotbraunen Farbton aus. Nach Ausführungen von Lange (17) handelt es sich um rotbraun gefärbte Substanzen, die z. T. aus der Glanzkohle stammen und hier als aus wachs- und harzhaltigen Stoffen bestehendes Liptobiolithbitumen zu deuten sind. Weiterhin identifiziert Lange nach der Zerkleinerung von Mattkohle, die zwischen den Gewichten 1,30—1,46 anfällt, die spezifisch leichteren Komponenten als Bruchstücke von Makrosporenhäuten, Cutikeln, Harzkörpern und Mikrosporen.

Überraschenderweise liegen die Aschenwerte der Fraktionen $< 1{,}25$ um einen allerdings geringen Betrag höher als die Aschenanteile der nächst schwereren Fraktion (1,25—1,28). Der

stetige Verlauf der Weißgehaltskurve erleidet zwar keine Störung, da dem erwähnten größeren Aschenanteil auch ein entsprechend höherer Anteil Weiß entspricht. Dagegen scheint die Unstetigkeit in der Beziehung Aschengehalt — spez. Gewicht darauf begründet zu sein, daß das größere und mit Luft oder Gas angefüllte Porenvolumen der bitumenreichen Kohlenbestandteile trotz höheren Aschenanteils gegenüber der nächst schwereren Fraktion das Aufschwimmen verursachen kann.

Allgemein schreibt man der Glanzkohle einen inneren Aschenanteil von 1—2% und eine große Homogenität nicht nur der organischen, sondern auch anorganischen Bestandteile zu. Die Analysen der Pochhammerkohlen bestätigen, was Homogenität anbetrifft, diese Annahme und weisen mit ihrem durchschnittlichen Aschenanteil von 1,04% und spezifischen Gewicht von 1,25—1,30, bis zu dem als wesentlicher Bestandteil Glanzkohle anfällt, ein noch günstigeres Bild auf. Zweifellos bilden die stärkst inkohlten Partikelchen der Glanzkohle das Anfangsglied der Weißgehaltskurve, während der trotz geringer Aschenzunahme starke Anstieg des Weißgehaltes weniger auf die Existenz sekundärer Aschenbildner, sondern eher auf das Vorhandensein der farbigen, bzw. Weiß tragenden Bitumenkörper zurückzuführen ist.

Der 2. Kurvenabschnitt zwischen den Weißgehaltswerten 2,25—3,20 verläuft bedeutend flacher. Anschliffe von Körnerpräparaten der Fraktionen, die zwischen den spez. Gewichten 1,30—1,59 aufschwimmen, bestätigen, daß mengengemäß neben der Zunahme von äußeren Aschenbildnern der Anteil Glanzkohle auf Kosten der Matt- bzw. Faserkohle zurückgeht. Nach Lessing haben letztere einen höheren Gehalt an inneren Aschenbildnern (Mattkohle bis 7%, Faserkohle bis 15%). Dem steht gegenüber bei der Faserkohle der höhere Eigenschwarzgehalt, bei der Mattkohle der stärkere Anteil an undurchsichtiger bzw. schwärzender Opaksubstanz. In der Eichkurve einer Durchschnittskohlenprobe wird also in diesem Intervall der höhere Eigenschwarzgehalt den stetigen Anstieg der Kurve mit wachsendem Anteil an Aschen- bzw. Weißträgern derart beeinflussen, daß der Weißgehalt, allgemein gesprochen, „gedrückt" wird und die Kurve flacher ausfällt. Erörterungen über die Zusammensetzung der Aschenbildner und deren mengenanteilmäßigen Einfluß auf die Weißkomponente habe ich dem Abschnitt V vorbehalten.

Im letzten Teil nimmt der Weißgehalt stärker zu. Zwischen den spezifischen Gewichten 1,59 bis 2,0 werden die Träger der brennbaren Substanz fast vollständig von sekundären Aschenbildnern verdrängt. Sie bestehen vorwiegend aus karbonat- und tonhaltigen Stoffen, die sich, wie später im Abschnitt V zahlenmäßig dargestellt wird, durch hohen Weißgehalt auszeichnen.

In der aschenreichsten Fraktion differieren die Aschenwerte von Proben verschiedener Stellen bis 10%. In der Einleitung ist darauf hingewiesen, daß die Untersuchung der brennbaren Bestandteile im Muffelofen keine eindeutige Wertbestimmung darstellt. Immerhin geben die Schwankungen in der Aschenanalyse die Gewähr, daß die Mineralkomponenten, sowohl in Konstitution als auch mengenmäßig nicht gleichmäßig über die Kohlensubstanz verteilt sind. Diese Ungleichmäßigket tritt weiterhin in der Eichkurve besonders im aschenreichen Gebiet durch eine starke Streuung der Kurvenpunkte in Erscheinung. Der Kurvenverlauf im letzten Abschnitt ergibt sich übrigens nicht aus den Durchschnittswerten der eingetragenen Punkte, sondern folgt vielmehr den Aschenwerten, die den relativ niedrigsten Weißgehalt aufweisen.

Es ist damit das Bestreben verbunden, die Kurve den wahren Beziehungen zwischen Schwarz- und Weißträgern näherzubringen und sie vornehmlich durch Probenwerte zu sichern, bei deren mikroskopischer Untersuchung an Anschliffen als Hauptaschenträger Schieferton und kalk-tonige Substanzen erkannt worden sind; freilich scheidet auch damit nicht die Möglichkeit aus, daß gewichtsprozentual die Aschenanalysen einer tonhaltigen Probe infolge von Hydratverlusten immerhin auch noch unter den Werten der wahren Aschenanteile liegen werden. Unter Berücksichtigung dieser Erwägung werden Aschenträger von Proben, deren Meßpunkte über der Eichkurve liegen, sich aus Mineralien zusammensetzen, deren Gewichtsverlust sehr hoch ist. Aus Mikroanalysen und Körnerpräparaten von mehreren Proben läßt sich der Nachweis erbringen, daß hier die Hauptaschenträger von Kalk- und Dolomitsubstanzen, deren Gewichtsverlust bei der Veraschung unter günstigsten Bedingungen 44 bzw. 47% beträgt, gebildet werden.

2. Schwarzgehalt.

Die Abnahme der Schwarzwerte bis rund 11% Aschenanteil erscheint gering. Der steigende Weißgehalt findet zahlenmäßig seinen Ausgleich in dem mengenmäßigen Rückgang der Farbwerte. Von 11% Asche wachsen dann Weiß- und Farbwerte auf Kosten des Schwarzgehaltes.

3. Farbgehalt.

Der Versuch einer Auswertung von Farbkurven in dem System Kohle-Aschenbildner wird stets auf einen engen Rahmen beschränkt bleiben müssen, wenn man in Erwägung zieht, daß die erzielten Farbwerte von der durch die geringe Potentialdifferenz der Schwarz-Weißwerte beeinflußten Meßgenauigkeit abhängen. Die Hauptfarbträger der brennbaren Substanz umfassen neben bituminösen Stoffen die nach Stach (11) zum

großen Teil aus kolloidalen Lösungen stammende humose Grundmasse der Mattkohlen.

Bei den Aschenbildnern kommen als Farbträger vornehmlich die Mineralien in Frage, welche Eisen in Form von Sulfiden, Hydroxyden und Oxyden enthalten. Kupfer-, blei- und zinkhaltige Verbindungen sind in den untersuchten Proben nicht nachzuweisen und scheiden somit als Farbträger aus.

Die nach der Ostwaldschen Gleichung errechneten Werte ergeben in Abhängigkeit vom Aschenanteil graphisch aufgetragen „Minimumkurven".

In dem Intervall 0—3% Asche (s. Anhang) nehmen die Weißträger stark zu. Beinahe ihr Spiegelbild findet sich im ersten Abschnitt der Kurven der Farbträger. Zahlenmäßig kommt zwar zum Ausdruck, daß vielleicht in der sog. Bitumenfraktion — 1,25 spez. Gew. die Hauptfarbträger dieses Abschnittes zu suchen sein werden. Die aus der Potentialdifferenz der Schwarzweißgehalte errechneten Werte sind jedoch so gering, daß trotz der Unstetigkeit in den Kurven einiger Proben (s. Anh. Probe 2) die Kenntnis über die wirkliche Verteilung der Farbträger in diesem Teil eine offene Frage bleiben wird.

Zwischen den Werten 3—15% Asche liegen die Minima. Mit zunehmendem Anteil an Matt- bzw. Faserkohle steigt, wenn auch gering, der Gehalt an äußeren Aschenbildnern. Als Farbträger treten Faserkohle mit ihrem überwiegenden Gehalt an kalkhaltigen Aschenbildnern ebenso wie die fast eisenfreien Aschenträger der Mattkohlen zurück. Neben den restlichen Anteilen von Glanzkohle wird hier in der humosen Grundmasse der Mattkohlen der Hauptfarbträger zu suchen sein.

Über die Verteilung des Eigenfarbstoffes, der Feuchtigkeit und der Absorptionsfähigkeit sind mit Glanz-, Matt- und Faserkohlen eingehende Untersuchungen angestellt worden. Wie Lange (17) berichtet, schließen diese mit dem überraschenden Ergebnis ab, daß Faserkohle mit ihrem höchsten Kohlungsindex sowohl in Feuchtigkeits- wie in Farbaufnahme bei Anfärbversuchen hinter der Glanzkohle zurückbleibt. Die größere Absorptionsfähigkeit für Farbstoffe führt er bei Glanzkohle auf den höheren Gehalt an kolloider Substanz zurück; dagegen sollen die resistenteren Pflanzenbestandteile gerade der Mattkohle und besonders der Faserkohle die Aufnahme von Farbstoffen verhindern.

Von 15% Asche ab verursacht Eisen in Form von Brauneisen und seinen durch den wechselnden Wassergehalt bedingten Übergangsstufen bis zum Roteisen eine wesentliche Steigerung des Farbanteils bis durchschnittlich 3%.

Die hohen Farbwerte der sog. aschenreichsten Fraktion erreichen mitunter bzw. übertreffen die aus der Messung von Mineralkomponenten gefundenen Ergebnisse (Tabellen s. S. 32).

Den Farbwerten folgend besteht demnach der Anfall + 2,9 spez. Gewicht in der Hauptsache aus Mineralsubstanzen, wenn man von der Möglichkeit der Entstehung von Mischfarben absieht, die qualitativ zwar dem Durchlaßgebiet Rot angehören, in ihrer Intensität aber schwankende Farbwerte aufweisen können.

4. Vergleichende Betrachtungen über die Vollfarbe von Proben aus Grobkorn- und Feinkornanalysen.

Die Ergebnisse der Farbtonmessung des Feinkorns 0—0,43 mm weisen gegenüber den aus den Hauptanalysen resultierenden Werten für den Gesamtkurvenverlauf unbedenkliche Differenzen auf. Wie schon erwähnt, erfolgt die S. + S.-Analyse des Feinkorns unter dem Gesichtspunkt einer schärferen Trennung der Kohlenstreifenarten und Aschenbildner. Als Ursache der Steigerung des Weißgehaltes werden hier primäre Aschenbestandteile der Streifenarten anzusprechen sein, während der Einfluß der sekundären auf den aschenreichsten Abschnitt der Farb- und Weißkurven beschränkt bleibt. Die Meßwerte des sog. Bitumenabschnittes 0—3% liegen auf Grund der stärkeren Konzentration durchweg höher. Weiterhin wäre es zwar theoretisch denkbar, daß nach Auslösung der sekundären Aschenbildner das Steigungsverhältnis der Weißgehaltskurve mit zunehmendem Anteil an Matt- und Faserkohle — also Komponenten höheren Inkohlungsgrades und größeren Anteiles an Opaksubstanz — verringert wird. Mengenmäßig überwiegt aber der innere Aschenanteil der genannten Streifenarten und wird z. B. unter Berücksichtigung des geringen Porenvolumens der Mattkohle, auch bei Zerkleinerung auf — 0,43 mm, quantitativ unwesentliche Veränderungen erfahren. Daneben werden zugleich mit Ausschaltung sekundärer Weißträger auch Eisenkies, der nach Erörterung in Abschnitt V als ausgesprochener Schwarzträger fungiert, isoliert, so daß zusammenfassend auf Grund der Versuchsergebnisse und theoretischen Betrachtungen eine ausschlaggebende Änderung des Kurvenbildes bis 45% Asche durch die Farbwerte der Staubanalysen nicht denkbar erscheint.

IV. Versuch einer stofflichen Trennung karbonischer Mineralbestandteile durch die S. + S.-Analyse.

In der Forschung über die Kohlensubstanz und ihre anorganischen Bestandteile existiert bisher kein Mittel, für die Trennung dieser Stoffe entweder alle organischen Bestandteile oder die gesamte Kohlensubstanz zu lösen bzw. zu verflüchtigen. Es ist auch — wie Groß erwähnt — bis heute noch keine Untersuchungsmethode veröffentlicht, welche — ähnlich wie die chemische Analyse die Elementarzusammensetzung ergründet —

gestattet, die einzelnen Komponenten von Feinkohlen und Schlämmen genau mengenmäßig und artmäßig zu erfassen. In der Anschliffuntersuchung ist zwar ein Mittel gegeben, z. B. die gegenseitigen Lagebeziehungen von Erzmineralien und dem aufbereitungstechnischen Trennungserfolg eingehend zu studieren. Die mengenmäßige Bestimmung wird aber über die Schätzung nicht hinauskommen, wenn es sich um Anschliffe von grobstückigen Verwachsungen handelt, und man berücksichtigt, daß das mikroskopische Bild eben nur eine Betrachtung in 2 Dimensionen zuläßt.

Auf der anderen Seite entstehen bei der Untersuchung von grobdispersen Systemen (Staubanschliffen) unter starker Vergrößerung (Ölimersion) schon qualitative Schwierigkeiten, wo Mineralien vorliegen, die kristallographisch dem gleichen System angehören (Kalkspat, Dolomit, Siderit) und infolge der geringen Korngröße bestimmte Kunstgriffe wie Ätzung zur Erzeugung von Lammelarstrukturen (25) ausgeschlossen sind.

Erstmalig wird der Vorschlag gemacht, mittels der S. + S.-Analyse in schweren Lösungen bis 2,9 spez. Gewicht die Trennung der karbonischen Sedimente und ihrer Mineralbestandteile zu erweitern, wenn es gelingt, durch weitgehenden Aufschluß Kohlensubstanz und Aschenbildner soweit zu isolieren, daß neben den sekundären auch die zum Gefügebestandteil gehörigen Mineralien freigelegt werden. Die Tendenz der schärferen Trennung mit Erhöhung des Dispersitätsgrades bestätigt sich bei der Gegenüberstellung der Aschen- und Mengenwerte der Grobkorn- und Feinkornanalysen. Während bei ersteren noch rund 40% sämtlicher Aschenbildner unter dem spez. Gewicht 1,59 mit den brennbaren Bestandteilen verwachsen sind und anfallen, geht bei letzteren der Anteil auf 20% zurück.

In der nachstehenden Tabelle sind die wichtigsten Aschenbildner angeführt, mit deren Vorhandensein in der brennbaren Substanz zu rechnen ist.

	Spez. Gew.		Spez. Gew.
Kalkspat . . .	2,6 —2,8,	Kupfervitriol .	2,20—3,30,
Dolomit	2,85—2,95,	Kaolin	2,20—2,6,
Mergel	2,30—2,50,	Pyrit	4,9 —5,2,
Quarz	2,50—2,80,	Schwerspat . . .	4,3 —4,7,
Sandstein . . .	2,20—2,50,	Spateisenstein .	3,7 —3,9,
Brauneisenstein .	5,2,	Ton	1,8 —2,6,
Toneisenstein . .	3,7 —3,9,	Tonschiefer . .	2,76—2,88,
Eisenvitriol . .	1,8 —1,98,	Brauneisenerz .	3,4 —4,0.

Nach mikroskopischen bzw. chemischen Untersuchungen sind als wichtigste Aschenträger des Pochhammerflözes zu nennen: Schieferton, Kalkspat, Dolomit, Eisenkies, Brauneisen, Quarz

(Sandstein). Hieraus ergibt sich die Richtlinie für die Einstellung des spez. Gewichtes der Trennflüssigkeiten, die bis 2,96 aus Mischungen von Tetrachlorkohlenstoff und Acetylentetrabromid bestehen. Damit ist aber, soweit bisher bekannt, der Anwendung von organischen Trennflüssigkeiten, wenn man nicht über erhebliche Mittel verfügt, eine Grenze gesetzt.

Aus der Literatur seien eine Reihe von schwereren Lösungen aufgeführt, von denen die gebräuchlichsten sind:

	Eingeführt durch	Sp. Gew.	Verdünnung
Methylen Jodid	R. Brauns	3,32	Äther-Benzollösung
Lösung Boro Wolframsaures Kadmium	D. Klein	3,36	Wasser
Lsg. Bariumquecksilberjodid	Rohrbach	3,59	verd. Lösg.
Ameisensaures u. mallonensaures Thallium	Clerici	4,27	

Die Verwendung von schweren Schmelzen zur Isolierung von Eisenkies und spez. leichteren Mineralien wie Schwerspat, Toneisenstein usw. scheidet aus. Nach Untersuchungen von Hoffmann (12) sind salpetersaure Schmelzen von Thallium und Quecksilber den Anforderungen an die Stabilität nicht gewachsen, zumal sie schon in neutraler Lösung hydrolytischen Zersetzungserscheinungen ausgesetzt sind und einzelne Sulfide, wie Pyrit, angreifen. Auch ergibt sich aus Trennversuchen, daß die Hauptvertreter der Asche, abgesehen von Pyrit und geringen Spuren von Ton- und Brauneisenstein unter dem Gewicht — 2,96 liegen. Die Trennflüssigkeiten sind auf die Gewichte 1,596, 1,96, 2,2, 2,3, 2,5, 2,6, 2,7, 2,88, 2,96 eingestellt.

Bei einem Durchschnittsaschenanteil von 2,97% muß die Gesamtprobenmenge auf 1200 g gesteigert werden, von denen nach sorgfältiger Abtrennung der Hauptmenge an brennbarer Substanz immer der Anfall von je 2 Proben, deren Farbkurve auf eine angenähert gleiche Verteilung der Aschenträger schließen läßt, durch weitere Fraktionierung untersucht wird.

Die S. + S.-Analysen sind in der Hängezentrifuge unter gleichen Bedingungen (festflüssig 1 : 6), Umdrehungszahl 3000 Touren/Min.) durchgeführt. Wider Erwarten erzielt man trotz des hohen Dispersitätsgrades der festen Phase in sämtlichen Fraktionen bei relativ kurzer Schleuderdauer (10 Minuten) eine zufriedenstellende Trennung des Schwimm- und Sinkgutanteils. Zur Vermeidung von Gewichtsfehlern muß der Anfall in den einzelnen Fraktionen sorgfältig mit Tetrachlorkohlenstoff nachgewaschen und bei 110° rund 2 Stunden lang getrocknet werden.

Die Bestimmung der Mineralkomponenten erfolgt unter dem Polarisationsmikroskop von Leitz im durchfallenden und auffallenden Licht bei 100—200 facher Vergrößerung. In Anbetracht

des hohen Dispersitätsgrades erscheint es zweckmäßig, die Trockenstreuung der Proben auf Objektträger der Einbettungsmethode vorzuziehen. Dort, wo die mikroskopische Bestimmung aus angeführten Gründen zum wünschen übrig läßt, habe ich die Ergebnisse durch chemische Analysen und Lötrohrversuche kontrolliert und in den nachstehenden Tabellen derart zusammengefaßt, daß jeweils unter 1 der in der Fraktion mengenmäßig überwiegende Mineralanteil angegeben ist.

Analyse 1.

Proben 1.2 Gesamtmenge 35,4 g Spez. Gew. + 1.59

S. G.	Anfall g	%	Mineralsubstanz 1.	2.
1.59-1.96	4.12	11.61	Opake Fasern (Faserkohle)	Eisensulfat
1.96-2.2	1.90	5.41	Helle Tone	Opake Fasern
2.2 -2.3	1.38	3.92	Weiß u. rötlich gefärbte Tone (eisenschüssig)	
2.3 -2.5	2.22	6.27	Ton (eisenschüssig)	Quarz (Sandstein)
2.5 -2.6	1.81	5.11	Quarz (Sandstein)	
2.6 -2.7	2.17	6.16	Kalkspat	Spur rötlich. Tone (kalkhaltig)
2.7 -2.88	3.79	10.70	Kalkspat	Spur Tonschieferdolomit
2.88-2.96	8.41	23.72	Dolomit	Spur eisenhaltiger Kalk
+ 2.96	8.30	23.42	Pyrit	Siderit, Ton-Roteisenstein (magn.)
	34.1	96.32		
Verlust	1.3	3.68		
	35.4	100		

(Analyse 2 u. 3 S. 33.)

Eine quantitativ einwandfreie Isolierung der Pochhammermineralbestandteile erscheint auf Grund der Analysenergebnisse nicht durchführbar. Durch Eisenmodifikationen in hochdisperser bzw. kolloidaler Form sind die spez. Gewichte besonders von Tonen und Tonschiefern derart variabel gestaltet, daß in sämtlichen Fraktionen ein entsprechender Anfall dieser Substanzen zu verzeichnen ist. Außerdem überschneiden sich die Gewichte von Quarz, Kalk und Tonschiefer, so daß gleichfalls eine Trennung nach der S. + S.-Methode ausgeslossen erscheint.

Analyse 2.

Proben 3,14 Gesamtmenge 32.74 Spez. Gew. + 1,59

S. G.	Anfall g	%	Mineralsubstanz 1.	2.
1.59-1.96	3.47	10.60	Opake Faserkohle	heller Ton
1.96-2.2	2.08	6.36	Ton	Mg. u. Ba-haltig
2.2 -2.3	1.02	3.15	Ton-Kalk (dunk.)	
2.3 -2.5	2.57	7.86	Ton (rötl. eisenschüssig)	
2.5 -2.6	2.02	6.20	Quarz	Ton und Spur von Kalk
2.6 -2.7	1.79	5.47	Kalkspat	Quarz (Sandstein)
2.7 -2.88	1.54	4.21	dunkl. Schieferton (Letten)	Kalkspat
2.88-2.96	11.30	34.43	Dolomit (hell)	Spuren dunkler Schiefertone
+ 2.96	6.27	16.10	Pyrit	Spuren Toneisensteinton-Eisenoxyd
	31.06	94.88		
Verlust	1.68	5.12		
	32.74	100		

Analyse 3.

Proben 4.9 Gesamtmenge 36 g Spez. Gew. + 1.59

S. G.	Anfall g	%	Mineralsubstanz 1.	2.
1.59-1.96	3.62	10.05	Opake Faserkohle	helle Tone-Alkalisulfate
1.96-2.2	2.38	6.62	Rötl. Tone (eisenschüssig)	
2.2 -2.3	3.15	8.75	Rötl. dunkle Tone	
2.3 -2.5	1.33	3.69	Ton-Kalk	Ton (eisenschüssig)
2.5 -2.6	2.21	6.15	Quarz	Ton-Spur Kalkspat
2.6 -2.7	1.11	3.08	Kalkspat	Quarz (Sandstein)
2.7 -2.88	2.77	7.75	Kalkspat (eisen-(schüssig)	Spur rötl. Ton-Dolomit
2.88-2.96	9.64	23.90	Dolomit	Kalkspat-eisenschüssig
+ 2.96	9.21	26.63	Pyrit	Ton-Roteisenstein (magnetisch)
	34.42	95.62		
Verlust	1.58	4,38		
	36.00	100		

V. Messung der Eigenvollfarbe der Mineralelemente und deren Einfluß auf den Kurvenverlauf.

Die Kenntnisse über die Eigenvollfarbe der Mineralelemente und die Wertbeurteilung ihrer Schwarz-, Weiß- und Farbkomponenten wird für die Farbtonmessung, besonders an polymeren Systemen, wie Kohle-Aschenbildner, eine wichtige Rolle spielen. In Ermangelung einer ideellen Basis, die mit der quantitativen Trennung der Mineralsubstanzen beabsichtigt war, stützen sich Messung und Bestimmung des Eigenfarbtons auf Stoffe, die in ihrem chemischen und kristallographischen Aufbau gegenüber den Pochhammer-Aschenbildnern angenähert gleiche Voraussetzungen aufweisen.

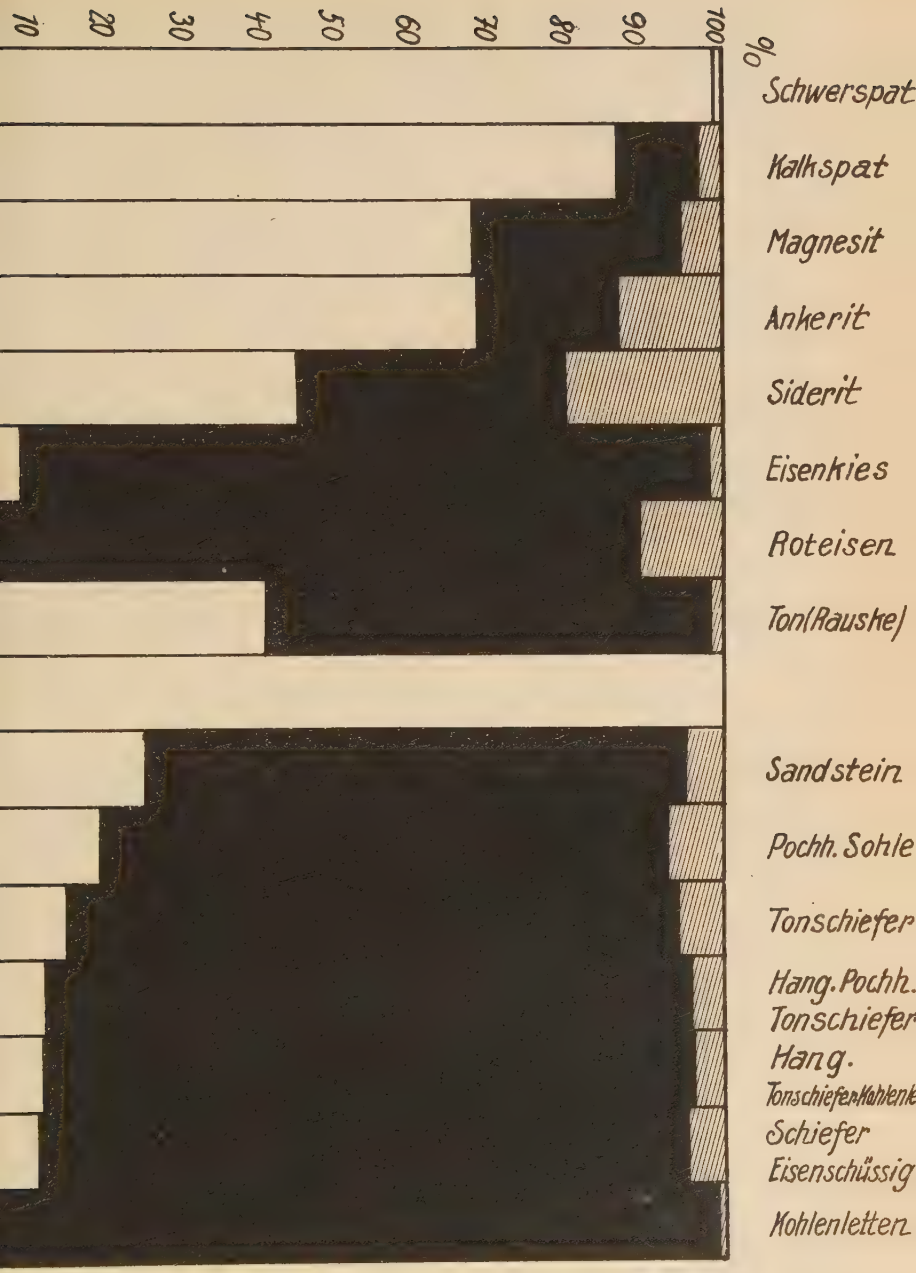
Farbtonmessung von Mineralien:

	W.G.	Schw.G.	F.G.
1. Ca CO_3 chemisch gefällt	94,20	4,24	1,56
Ca CO_3 (Brilon)	86,94	10,46	2,60
2. Mg CO_3 chemisch gefällt	95,16	4,35	0,49
Mg CO_3 krist. Magnesit	68,21	27,04	4,75
3. Si O_2 chemisch gefällt	84,45	13,97	1,58
4. Eisenkies	8,23	90,09	1,68
5. Eisenoxyd (Roteisen)	5,92	83,87	10,27
6. Ton	40,15	58,16	1,39
7. Siderit (Siegen)	44,33	35,43	20,24
8. Ankerit	68,80	18,08	13,12
9. Schwerspat chemisch gefällt	99,05	0,81	0,14

Farbtonmessung des Hangenden und Liegenden (Pochhammerflöz):

	W.G.	Schw.G.	F.G.
1. Tonschiefer	14,40	80,35	5,25
2. Pochhammersohle	18,33	74,80	6,57
3. Sandstein	24,42	70,80	4,78
4. Schiefer (eisenschüssig)	10,74	84,53	4,73
5. Hangendes Pochh. Tonschiefer	11,43	84,67	3,90
6. Hangendes Pochh. Tonschiefer-Kohlenletten	11,20	85,40	3,40
7. Kohlenletten	3,68	95,80	0,52

Schwerspat, Kalkspat, Dolomit, reine Tone und Quarze fungieren als ausgesprochene Weißträger. Ihr Farbgehalt überschreitet in der Regel nicht 2%. Wenn man die Lessingschen Angaben über die Aschenarten in der Kohlensubstanz für einen Vergleich sinngemäß heranzieht, werden folgende Erörterungen über die Verteilung von Weißträgern unter Einschränkung auf den Anteil Primärasche zu machen sein. Träger des Weißgehaltes setzen sich in der Glanzkohlenasche aus wasserlöslichen



Farberklärung: □ Weißgehalt

■ Schwarzgehalt

▨ Farbgehalt

Alkali- und Erdalkalisulfaten zusammen, während in der Mattkohlenasche die Hauptweißträger von Tonsubstanzen gestellt werden. In Anbetracht des überwiegend hohen Kalkgehaltes der Faserkohlen läßt sich mit großer Bestimmtheit sagen, daß in Calcium- und Eisenkarbonaten bzw. ihren isomorphen Formen (Ankerit, Dolomit) die Weißträger dieser Streifenart zu suchen sein werden.

Kohlensaure und Sauerstoffverbindungen des Eisens nehmen eine Sonderstellung ein. Infolge des außerordentlichen Wechsels ihrer chemischen Modifikationen werden sich hier Normen für einen bestimmten Farbanteil nicht aufstellen lassen. Die Wertbestimmung wird vom allgemeinen Gesichtspunkt darauf hinauslaufen, daß in der Verbindung von Tonen und Schiefern mit Eisenmodifikationen, wie Eisenoxyd, Oxydul und Oxydhydrat usw. die letzteren stets als die Urheber des hohen Farbgehaltes zu gelten haben.

Eisenkies gehört zu den Stoffen mit Metallglanz, die auf Grund ihrer starken Lichtabsorption mit Erhöhung des Dispersitätsgrades dunkler werden. In dem System Kohlensubstanz-Aschenbildner wird er insofern eine bedenkliche Rolle spielen, als sein hoher Schwarzanteil auf der einen Seite die Tendenz „Zunahme des Weißgehaltes mit steigendem Aschenanteil“ hemmt bzw. drückt, andererseits sein geringer Farbgehalt den Farbkurvenverlauf nur unmerklich beeinflußt.

Ergebnisse der Farbtonmessung an Steinkohlen und Zusammenfassung.

Der Versuch einer Farbtonmessung von Steinkohlen gründet sich theoretisch auf den von Ostwald in seiner Farbenlehre ausgesprochenen Erfahrungssatz: „Die Empfindung von Spuren Weiß und Farbe liegt in Systemen mit hohem Schwarzgehalt überaus hoch.“ Praktisch ist in der Konstruktion des Pulfrichschen Stufenphotometers ein Mittel gegeben, Schwankungen der aus Schwarz, Weiß- und Farbwerten resultierenden Vollfarbe innerhalb eines Intervalls von 0—1% zahlenmäßig zu erfassen. Der Zunahme von 1% Asche entspricht eine Steigerung des Weißgehaltes von durchschnittlich 0,05%. Durch vergleichende Kontrollmessungen läßt sich ein Mittelwert von 0,1% Weiß errechnen, dem ein Genauigkeitsbereich von $\pm$ 1% Asche entspricht. Die Dauer der eigentlichen Messung überschreitet nicht 5 Min., während die Vorbereitung (Trocknung, Mörserung) zirka 30 Min. in Anspruch nimmt. Unter Berücksichtigung der erwähnten Genauigkeit erreicht damit dieses Verfahren die in der Praxis an Schnellmethoden gestellten Bedingungen.

Meßergebnisse und Kurvenbilder bestätigen, daß durch die wechselnde Verteilung der Kohlenstreifenarten und der Zusammensetzung von Aschenbildnern der Aufstellung einer

Eichkurve über einem bestimmten Flözteil keine Schwierigkeiten entstehen.

Eine Erweiterung des Verfahrens bietet sich in der Aufstellung von Farbkurven und Messung des Eigenfarbtons der Aschenbildner. Diese schließen die Möglichkeit ein, kritische Betrachtungen über die Verteilung von Kohlenstreifenarten und Aschenbildnern auszusprechen und in Verbindung mit den Werten des Weißgehaltes die Meßgenauigkeit zu steigern.

Die quantitative Isolierung der Mineralbestandteile nach der S. + S.-Methode scheitert an der begrenzten mechanischen Zerteilbarkeit der Substanz in die Bauelemente und der teilweisen Überschneidung von spezifischen Gewichten verschiedener Aschenbildner.

Aus ständigen Kontrollmessungen über den Gütegrad seiner Förderung schöpft der Erzbergbau neue Richtlinien, u. a. für den Abbau seiner Lagerstätten. Ebenso entwickelt sich für den Kohlenbergbau immer stärker die Forderung, mittels Schnellmethoden eine dauernde und umfassende Überwachung seines Fördergutes durchzuführen und aus den Ergebnissen folgernd durch Steuerung der Abbaumethoden und Kohlenwäschen den wachsenden Anforderungen der Abnehmerschaft gerecht zu werden. In der Kohlenpetrographie bietet zwar die mikroskopische Untersuchung einen Weg, die Frage über die Form der Asche und ihre Verteilung zu beanworten. Immerhin wird in der modernen Feuerungstechnik mit ihren Richtlinien — rationelle Ausnutzung des Heizwertes aschenreicher Verbrennungsprodukte auf beschränkter Rostfläche — für die Frage der Schlackenbildung die vorangehende und quantitative Kontrollierung der Aschenbildner von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Literaturverzeichnis.

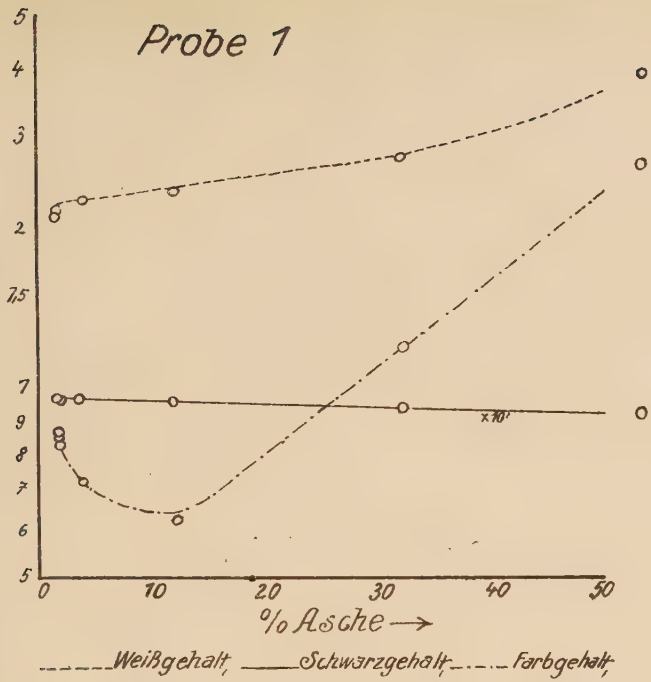
1. Abramski, C.,: Diplomarbeit Breslau 1931.
2. Courier-Daniel: Belg. 1899 Bd. 4 S. 3.
3. Dunkel, M.: Zerlegen von Kohle nach dem spez. Gew., Z.O.B.H.V. 1925 S. 604.
4. Fuchs: Die Chemie der Kohle, Leipzig 1931.
5. Glasunow: Chemie et Industrie 1932, März-Sonderheft S. 332.
6. Groß-Abramski: Farbtonmessungen mit dem Stufenphotometer, Glückauf 1930 S. 1579.
7. Groß, W.: Kohle und Erz 1925 S. 672; 1926 S. 343; Z.O.B.H.V. 1927 S. 528.
8. Groß-Fougner: Über die Trennung feinster Gemenge durch Zentrifugieren, Z.O.B.H.V. 1927 S. 618, 688.
9. Gründer, W.: Waschkurven und Heizwert, Glückauf 1932 S. 114.
10. Hoffmann-Jenkner: Die Inkohlung und ihre Erkennung im Mikrobild, Glückauf 1932 S. 81.
11. Hoffmann-Stach: Die Mattkohlengrundmasse, Glückauf 1931 S. 1111.
12. Hoffmann, W.: Doktordissertation T.H. Breslau.
13. Katwinkel: Glückauf 1927 S. 452.
14. Kemp: Trans. Inst. Min. Eng. 1924 Bd. 69 S. 320.
15. Klockmann: Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart 1907.
16. Krüger: Über Farbmessung, Z.V. d. I. 1929 S. 465.
17. Lange, Th.: Die stoffliche Zerlegung der Kohle, Z.O.B.H.V. 1928 S. 281.

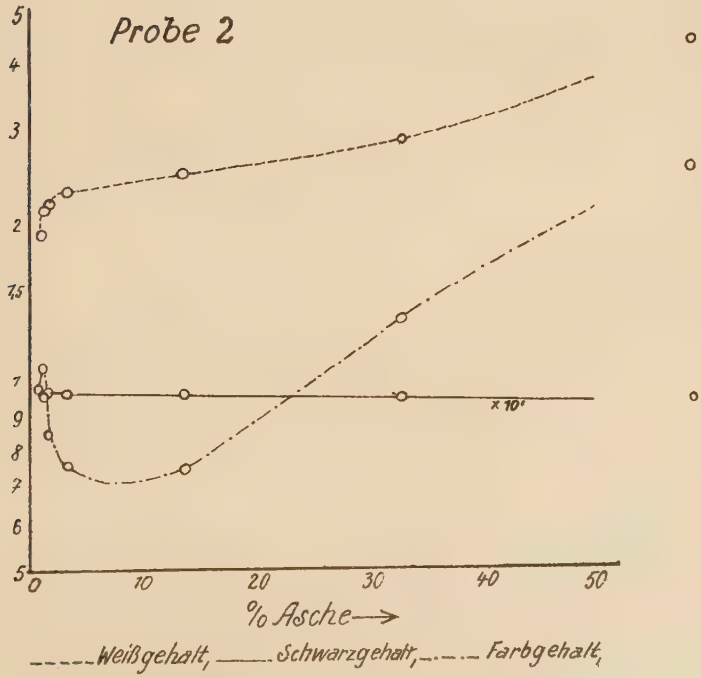
— Die Bestimmung der Gefügebestandteile, Z.O.B.H.V. 1928 S. 334.

— Fusit, Stuttgart 1907.

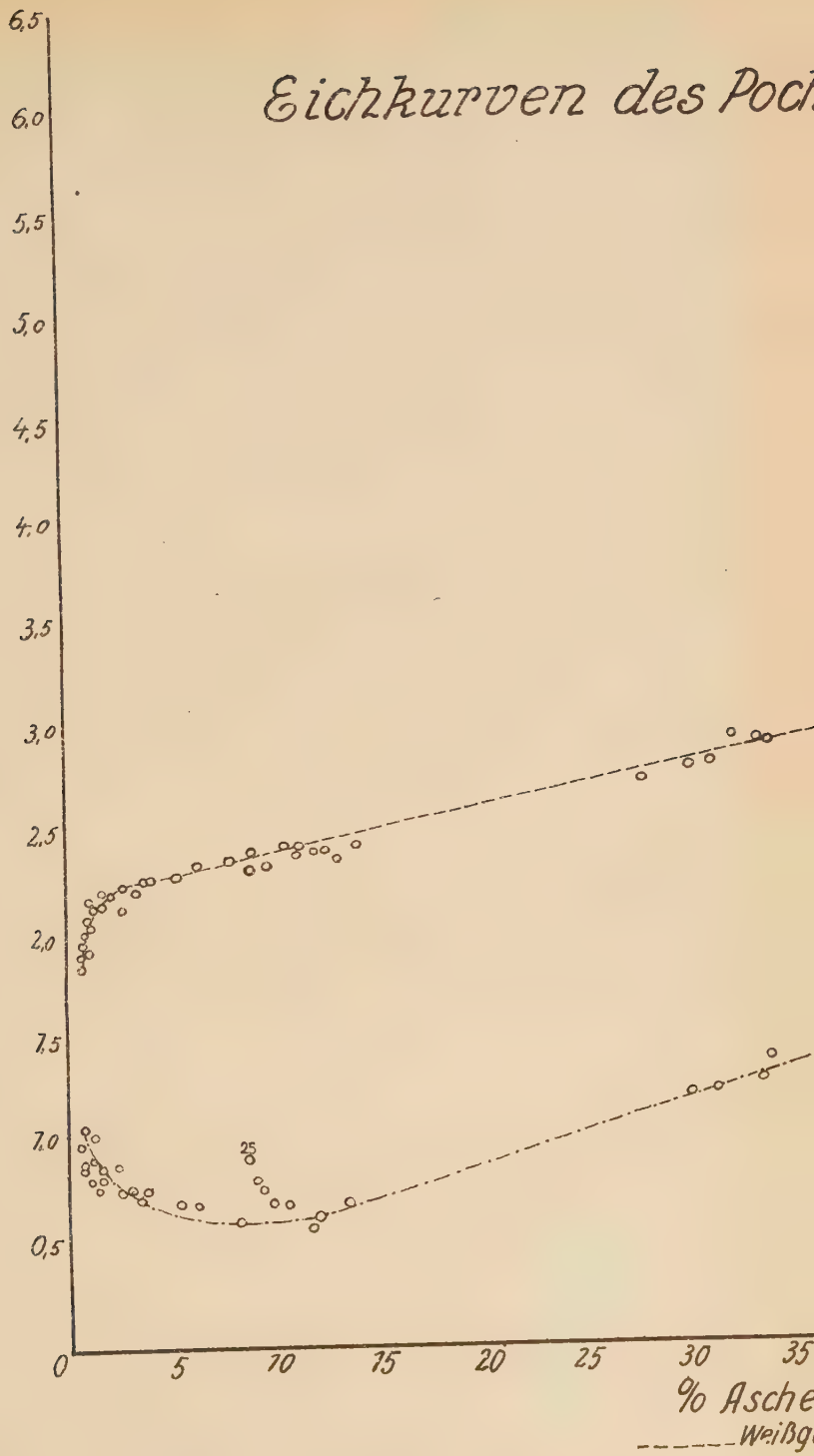
18. Lessing, R.: Studies in the distribution of mineral matter in coal Trans. Inst. Min. Eng. 1920.
19. Lundgreen, R.: Bemerkungen über Winkelzentrifugen, Sdr. Bolaget Winkelzentrifug, Stockholm 1931.
20. Meldau (Lange): Die stoffliche Zerlegung der Kohle durch Siebanalyse, Z.O.B.H.V. 1928 S. 145.
21. Miller, F. C.: Coal Age 34 (1929) S. 223.
22. Niggli: Tabellen zur allgem. und spez. Mineralogie, Berlin 1927.

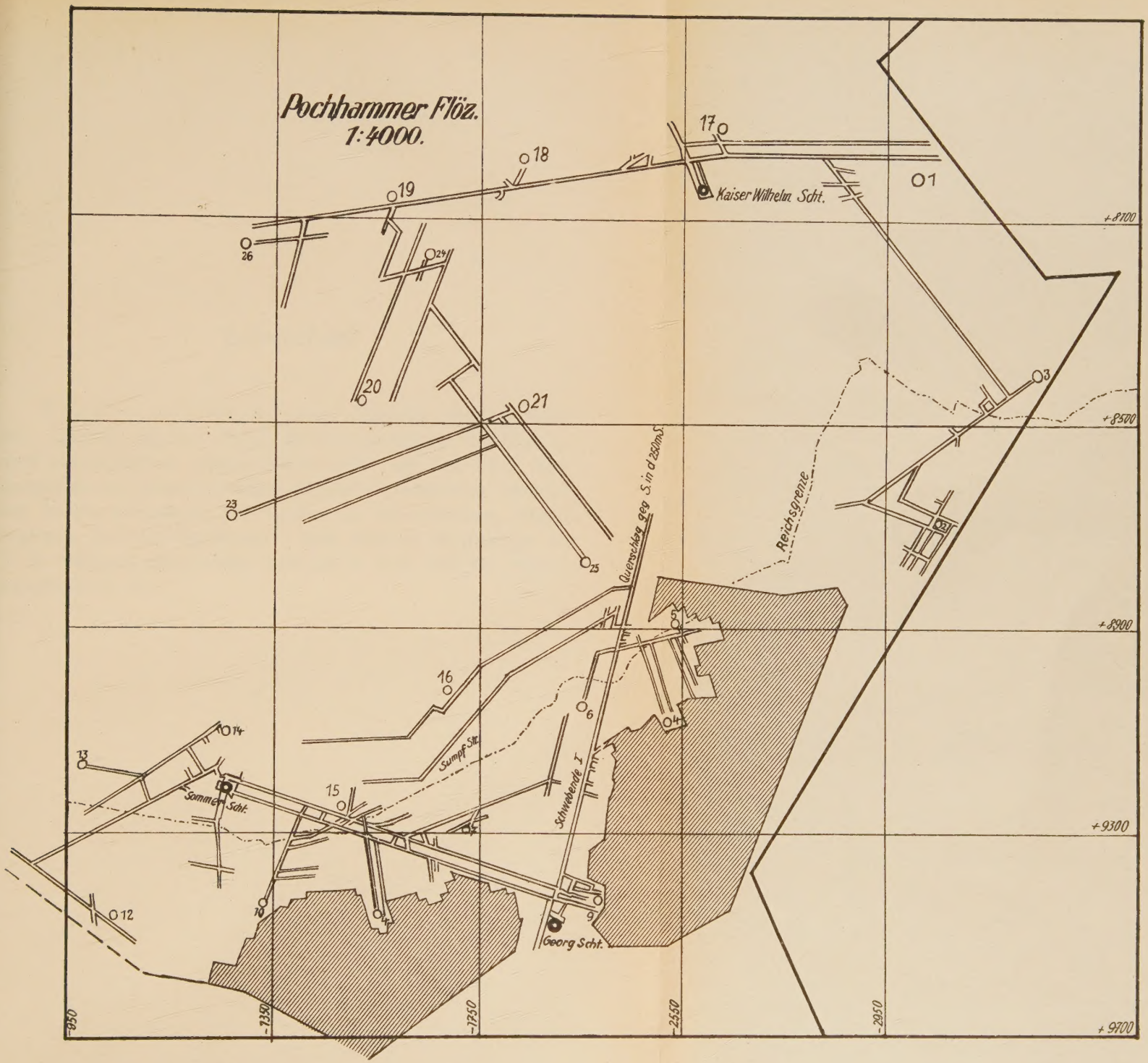
23. Ostwald, Wi.: Physikalische Farbenlehre II, Leipzig 1919.
24. Pulfrich, C.: Zeitschrift für Instrumentenkunde, Berlin B. 45.
25. Schneiderhöhn, H.: Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Aufbereitungsprodukten, Berlin 1922.
26. Stach: Kohlenpetrographisches Praktikum, Berlin 1928.
27. Strache-Lant: Kohlenchemie, Leipzig 1924.
28. Wieluch, D.: Der Kohlungsindex, Z.O.B.H.V. 1927 S. 478. — Molekulartheoretische Betrachtungen zur Kohlenchemie, Z.O.B.H.V. 1927 S. 1.
29. Winter: Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Steinkohlenpetrographie, Glückauf 1931 S. 1105.
30. Witte, E.: Die Überwachung der Gesteinsstreuung in Steinkohlengruben, Sdr. Dresden 1931.
31. Witte, M.: Untersuchungen von Streckenstaub, Glückauf 1929 S. 1077; Glückauf 1930 S. 131.
32. Winkler-Werner: Ein neues Verfahren zur Bestimmung des Aschengehaltes von Kohlen, Glückauf 1927 S. 348.
33. Zeiß: Mess.: 430 c Jena; Mess.: 527 Jena.


Probe 1
5
4
3
2
1,5
7
9
8
7
6
5
x 10
0
10
20
30
40
50
% Asche →
Weißgehalt, Schwarzgehalt, Farbgehalt,


Probe 2
5
4
3
2
1,5
1
9
8
7
6
5
x 10
0
10
20
30
40
50
% Asche →
Weißgehalt, Schwarzgehalt, Farbgehalt,

Eichkurven des
Pochhammerflözes
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0
5
10
15
% Aschenbildner
Weißgehalt
Farbgehalt


Eichkurven des Poch
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0
5
10
15
20
25
30
35
25
% Asche
Weißg


Pochhammer Flöz.
1:4000.
Kaiser Wilhelm Scht.
Querschlag geg. S. in d. 250m S.
Reichsgrenze
Sumpf Str.
Schwebende I
Sommer Scht.
Georg Scht.
+8700
+8500
+8900
+9300
+9700
-850
-1350
-1750
-2550
-2950

Lebenslauf.

Walther Einsporn, am 3. Oktober 1904 zu Jauer, Bez. Liegnitz, geboren. Nach Erledigung meiner Schulzeit auf dem humanistischen Gymnasium zu Jauer und dem Städt. Realgymnasium zu Liegnitz genügte ich meiner praktischen Tätigkeit als Bergbaubeflissener auf Gruben in Oberschlesien, Niederschlesien und der Oberlausitz. Nach meinem Studium an den T. H. München und Breslau legte ich im S.-S. 1930 die Diplomhauptprüfung ab.